



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**AUTOMOBILOVÁ PALIVA A JEJICH BUDOUCNOST V
EKOLOGICKÉ DOPRAVĚ**

AUTOMOTIVE FUELS AND THEIR FUTURE IN GREEN TRANSPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kristýna Mrázková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Beran

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Studentka: **Kristýna Mrázková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Beran**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Automobilová paliva a jejich budoucnost v ekologické dopravě

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je zaměřena na problematiku automobilových paliv vzhledem k potenciálu snižování ekologické zátěže v automobilové dopravě. Stěžejní částí práce je rozbor běžných a alternativních paliv (případně dalších eventuelně možných možných řešení – "biopaliva", synteticky vyráběná paliva, CNG, LNG, H₂, apod.) pro spalovací motory osobních vozidel z hlediska snižování ekologické zátěže automobilové dopravy.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor problematiky ekologické dopravy.

Zhodnocení negativních vlivů na životní prostředí způsobenou vlivem osobní dopravy.

Rozbor potenciálu běžných a alternativních paliv pro spalovací motory osobních vozidel z hlediska možnosti snižování ekologické zátěže automobilové dopravy.

Seznam doporučené literatury:

Exhaust Systems for Motor Vehicles : Catalytic Converters for Otto Cycle Engines. Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 2001. 70 s.

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HECK, R. and FARRATO, R.: Catalytic air pollution control: Commercial Technology. 2nd edition. New York, 2002. 391 p. ISBN 0-471-43624-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou v současnosti využívaných automobilových paliv a jejich dopadem na životní prostředí. Stručně popisuje vývoj spalovacího motoru a rozebírá obvykle využívané pohony i jejich alternativy. Poslední část práce se věnuje společenskopolitickému pohledu na danou problematiku.

KLÍČOVÁ SLOVA

automobilová paliva, ekologická doprava, spalovací motor, emise, alternativní paliva

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the problematic of currently most used automotive fuels and their impact on the environment. It briefly describes the development of combustion engines and provides an overview of most common automotive propulsions and their alternatives. The final chapter of the thesis deals with the problematics from socially political perspective.

KEYWORDS

automotive fuels, green transport, combustion engine, emissions, alternative fuels

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MRÁZKOVÁ, Kristýna. *Automobilová paliva a jejich budoucnost v ekologické dopravě*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117410>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Martin Beran.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 23. května 2019

.....

Kristýna Mrázková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Martinu Beranovi za vedení této práce a cenné rady a připomínky, které mi při jejím psaní velmi pomohly.

OBSAH

Úvod	9
1 Vývoj a současné spalovací motory v osobních automobilech	10
1.1 Historický vývoj spalovacích motorů	10
1.2 V současnosti nejvyužívanější paliva a jejich srovnání	15
1.3 Problémy současných spalovacích motorů	23
1.4 Alternativní paliva pro spalovací motory	25
2 Alternativní pohony	29
2.1 Hybridní pohony	29
2.2 Elektromobily s pohonem na baterie	30
2.3 Vodíkový pohon	33
3 Situace ve společnosti	35
3.1 Historie ochrany životního prostředí	35
3.2 Zpřísnování podmínek pro automobilovou dopravu	36
3.3 Rozdílný přístup ke snižování emisí ve světě	40
3.4 Pohled laické veřejnosti na problematiku	41
3.5 Očekávaný vývoj v osobní automobilové dopravě	44
Závěr	45
Seznam použitých zkratk a symbolů	49

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá v současnosti nejvyžívanějšími automobilovými palivy a jejich dopadem na životní prostředí. Hlavním cílem práce je rozbor problematiky obvyklých a alternativních paliv pro spalovací motory a jejich vzájemné srovnání, případně rozbor automobilů poháněných elektrickou energií či vodíkem.

První část práce stručně pojednává o vývoji spalovacího motoru, poté podrobně rozebírá automobilový benzín a motorovou naftu, srovnává je z hlediska účinnosti, kvality, amortizace motoru nebo produkce škodlivých emisí, jejichž vlivu na životní prostředí se dále věnuje. V poslední kapitole se první část práce zabývá dalším rozbohem alternativních paliv pro běžné spalovací motory a jejich výhodami, popř. nevýhodami.

Ve druhé části se práce zaměřuje na alternativní koncepce pohonu. Začíná u hybridních automobilů, věnuje se principu jejich funkce a rozdílům mezi jednotlivými typy, pokračuje elektromobily s pohonem na baterie, srovnává nejběžnější používané akumulátory. V poslední řadě se zaměřuje na vodík, komplikace s jeho rozšiřováním a budováním infrastruktury pro takto poháněné automobily.

Poslední část práce se zabývá společenskopolitickým pohledem na uvedenou problematiku. Zkoumá vývoj ochrany životního prostředí, postupné zpříšňování podmínek a zavádění ekologických limitů pro automobilovou dopravu. Monitoruje situaci nejen v Evropě, ale i ve zbytku světa. Dále se zaměřuje na problematiku z pohledu neinformované veřejnosti a popisuje z tohoto pramení potíže s rozšiřováním ekologicky šetrnější automobilové dopravy. V závěrečné kapitole se věnuje pohledu do blízké budoucnosti.

1 VÝVOJ A SOUČASNÉ SPALOVACÍ MOTORY V OSOBNÍCH AUTOMOBILECH

1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ SPALOVACÍCH MOTORŮ

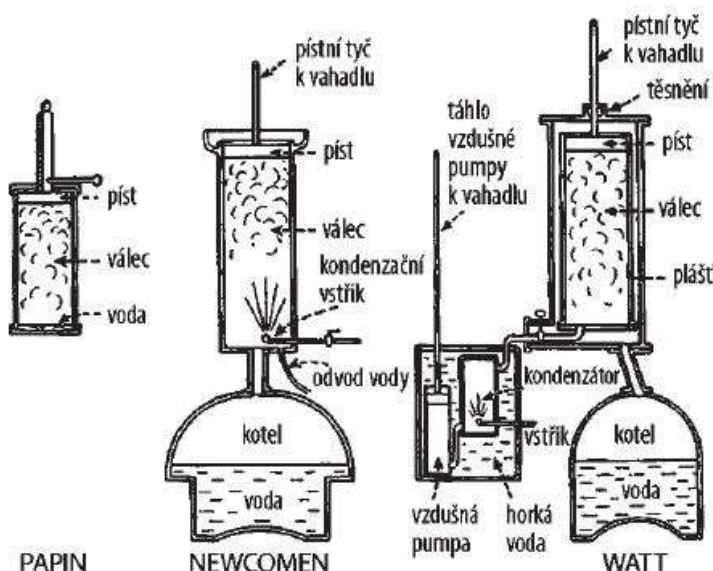
Možností sestavení stroje, který mění tepelnou energii na mechanickou práci, se v době, kdy lidé využívali sil zvířat, vody a větru, zabýval už Leonardo da Vinci. První reálné výsledky a použitelné stroje se objevily až o další dvě století později a jejich další rozmach následně vyústil až v průmyslovou revoluci na přelomu 18. a 19. století.

1.1.1 OBDOBÍ PÁRY

Roku 1629 předvedl první parní turbínu Ital Giovanni Branca. Parní energii se zabýval anglický fyzik Isaac Newton, který roku 1663 formuloval základní principy jejího využití. Francouzský fyzik Denis Papin, který se mimo jiné zabýval i experimenty se střelným prachem, v roce 1668 sestavil ohňový atmosférický stroj s kondenzací oddělenou od kotle.

ATMOSFÉRICKÝ STROJ

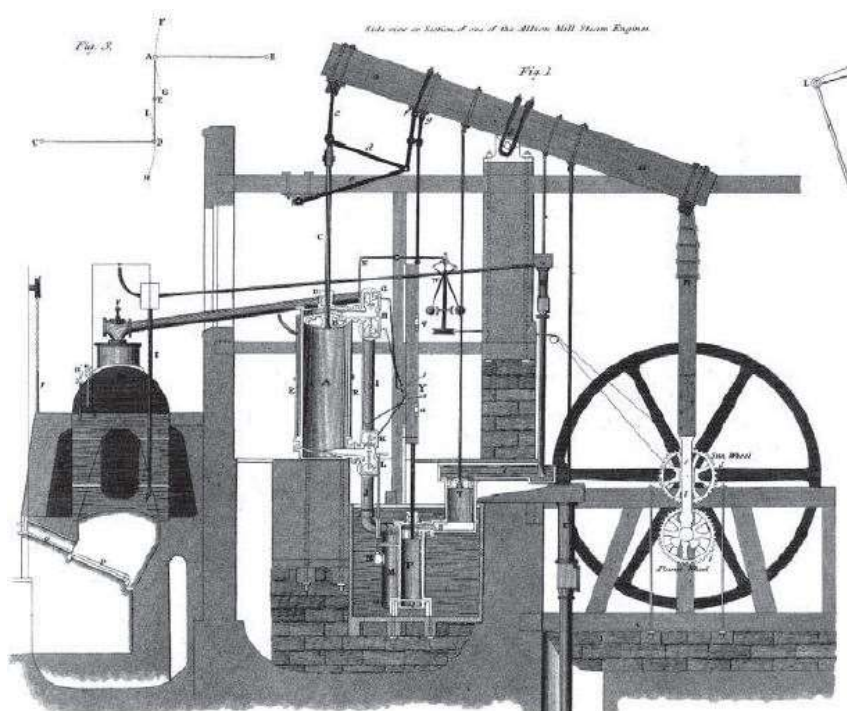
Pracovní prostor u ohňového stroje byl součástí kotle a topeniště, v 18. století došlo k vývoji strojů s odděleným pracovním prostorem, kde horká pára způsobuje pohyb pístu ve válci do horní polohy. Studenou vodou poté dochází k ochlazení válce, pod pístem vzniká podtlak atmosférického tlaku, který spolu s vlastní vahou pístu způsobuje jeho pohyb zpět do dolní polohy, a mechanismus napojený na píst koná práci. Zdokonalený systém využíval ještě vnější chlazení pístu k urychlení kondenzace páry. Vznikl tak jednočinný dvoudobý stroj s nízkou účinností, kde užitečnou práci koná atmosférický tlak vzduchu. Využíval se především k pohonu pístových čerpadel pro odčerpávání vody v dolech. První takto využitelný stroj sestavili v roce 1705 kovář Thomas Newcomen spolu s Johnem Cawleym. Dosahoval výkonu 6 HP s účinností 1%.



Obr. 1 Srovnání jednotlivých tepelných strojů [1]

PARNÍ STROJ

James Watt, který v té době působil jako mechanik na univerzitě v Glasgow a zabýval se úpravami Newcomenova stroje, sestavil roku 1769 první dvojčinný parní stroj. Využil mechanismus spjatý s pohybem pístu k řízení přívodu a odvodu páry do pracovního prostoru válce a to v obou směrech pohybu, stroj se tudíž stal dvojčinným. Užitečnou práci koná přetlak páry. Z roku 1774 pochází Wattův zdokonalený vodorovný parní stroj s klikovým mechanismem. Tyto stroje spolu s čerpadly vyráběla firma Boulton-Watt, nikdy však nebyly použity pro silniční či železniční vozidla. [1]



Obr. 2 Wattova parní transmise [2]

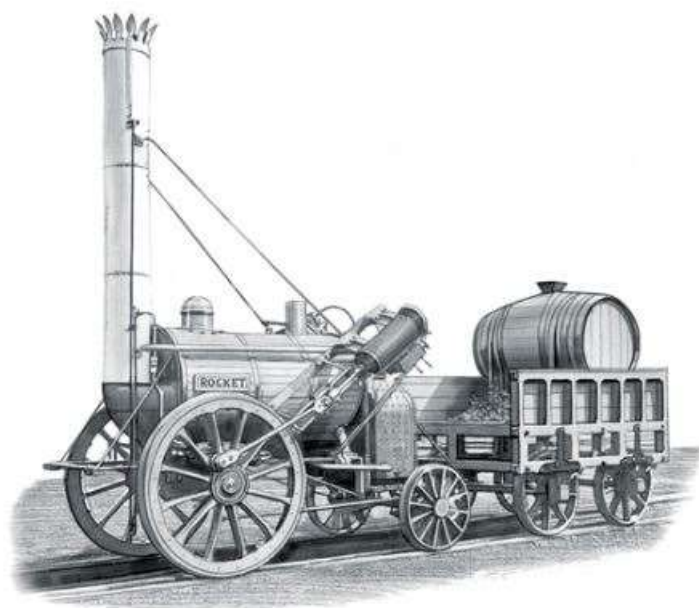
DALŠÍ VÝVOJ PARNÍCH VOZIDEL

První parní samočinně poháněný vůz předvedl v roce 1769 vynálezce a kapitán francouzské armády Nicolas Joseph Cugnot. Vůz dosahoval rychlosti okolo 4 km/h a jel 12 minut. Poté bylo třeba v kotli v ohništi na zemi ohřát další zásobu vody. V následujících letech zdokonalený vůz už měl vlastní ohniště a měl sloužit potřebám francouzského dělostřelectva. Přestože byl Cugot současníkem Jamese Watta, není prokázáno, že by se znali a že by jejich vynálezy spolu souvisely. Za vynálezce parního stroje je dnes považován Watt a to především za zásluhy při jeho dalším zdokonalování a rozšiřování jeho využití.

Nedlouho na to byla vyvinuta další parou poháněná vozidla, avšak vzhledem k napoleonským válkám a nestabilní společenskopolitické situaci se centrum pokroku přesunulo mimo Francii. Roku 1802 si Angličan Richard Threvithick po řadě pokusů a aplikací na nepohyblivých důlních strojích nechal patentovat vysokotlaký samohybný stroj nazvaný The Puffing Devil. První samohybné vozidlo v USA vynalezl roku 1804 Oliver Evans, bylo schopno pohybu jak po vodě, tak na souši. Rakousko-Uherský mechanik polytechniky Josef Božek po předchozích

zkušenostech se strojem z Wattovy továrny vyvíjel parou poháněný automobil. Předvedl jej v roce 1815.

Roku 1815 George Stevenson sestrojil první parní lokomotivu. Rychlostí 19 km/h utáhla 30 vagonů, roku 1830 byl zahájen pravidelný provoz mezi Manchesterem a Liverpoolem. Koncem 19. století rozmach železniční dopravy z velké části zastínil dopravu silniční. Parou poháněné automobily našly počátkem 20. století uplatnění v nákladní dopravě, například před druhou světovou válkou vyráběný Škoda Sentiel býval v Praze k vidění ještě v 50. letech. S pokračujícím vývojem byly parní pohony nahrazeny vozidly se spalovacím motorem. Důvodem je především nízká, mezi 5 - 15% pohybující se účinnost. [2]



Obr. 3 Stevensonova parní lokomotiva Rocket, 1829 [3]

1.1.2 ZÁŽEHOVÝ MOTOR

Jako první získal roku 1807 patent na vozidlo poháněné výbušným motorem Švýcar Isaac de Rivaz. Jeho vůz, který zkonstruoval a veřejně vyzkoušel, měl jednoválcový motor, ve kterém pomocí elektřiny zapaloval směs svítiplynu se vzduchem. Dolů se píst vracel vlastní vahou a účinkem atmosférického tlaku, pomocí ozubeného hřbetu poháněl soukolí přenášející výkon na kola vozu. Po udělení patentu už de Rivaz v dalším vývoji nepokračoval.

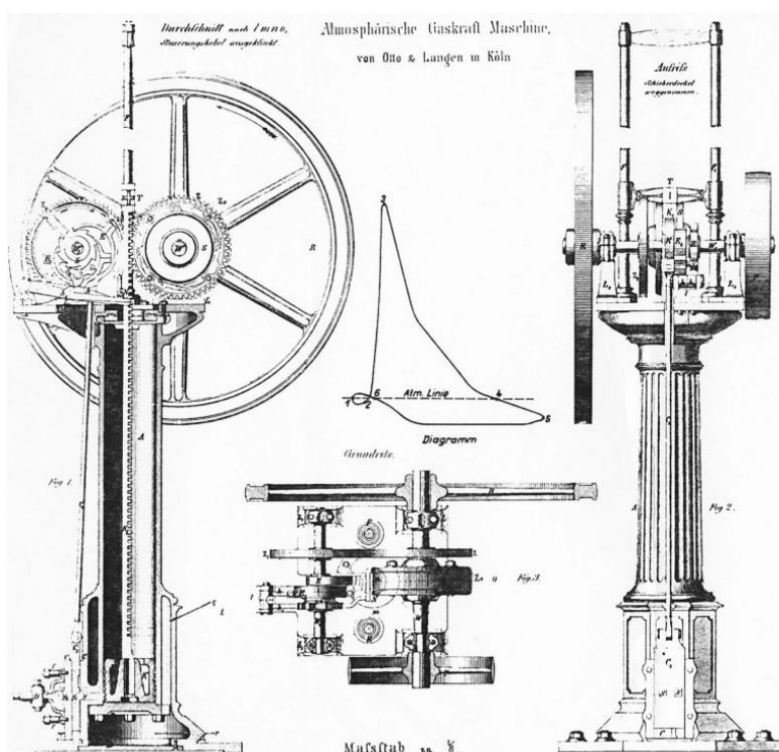
Za tvůrce výbušných motorů je dnes považován Francouz belgického původu Jean Joseph Étienne Lenoir. V 60. letech 19. století na základě patentu na motor poháněný svítiplynem staví plynem poháněný automobil, se kterým roku 1863 podniká 18 km dlouhou testovací jízdu na pařížské předměstí.

NICOLAUS AUGUST OTTO

První továrnu na motory na světě zakládají v německém Kolíně roku 1864 vynálezce Nicolaus August Otto a zámožný inženýr Eugen Langen. Společně pracují na konceptu čtyřtakového spalovacího motoru, který na světové výstavě v Paříži v roce 1867 představí veřejnosti. Motor je oproti konkurenci konstrukčně horší, hlučnější i méně spolehlivý, ale má třetinovou spotřebu plynu. Po úspěchu na výstavě se motor začíná roku 1872 sériově vyrábět.

V Ottově továrně vyráběný motor měl v závislosti na velikosti výkon v rozpětí 0,25 – 3 HP při 60 otáčkách za minutu. Hlavním konstruktérem v továrně je v té době Gottlieb Daimler, působí zde také Wilhelm Maybach. V následujících letech jejich neshody v technických záležitostech vyústí v jejich odchod a založení vlastní firmy.

Samotný Otto neustále pracuje na vývoji a zdokonalení spalovacího motoru. Roku 1877 si nechává patentovat čtyřtákní motor se zvýšeným kompresním poměrem. Tento typ motoru je dodnes označován jako „Ottův motor“ a byl základem pro pozdější pohonné jednotky. Když místo procesu zapalování plyné směsi plamenem Otto zavedl nízkonapěťové magneto, umožnil tak přechod na kapalná paliva. Z do té doby stacionárních motorů se tak staly mobilní stroje. Ačkoliv měl Nicolaus Otto na svém kontě mnoho inovací, jeho cílem byl vynález dvoudobého spalovacího motoru, který ovšem konstruuje v 80. letech 19. století Karl Benz. [2]



Obr. 4 Schéma Ottova motoru [4]

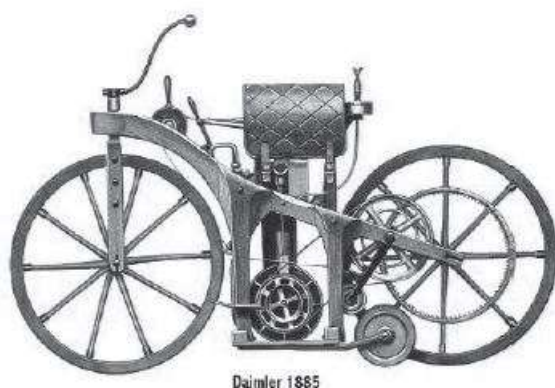
KARL BENZ

Německý konstruktér Karl Benz roku 1879 sestavil první dvoudobý plynový spalovací motor, proslavily jej ale až jeho automobily. Roku 1885 vyrobil první tříkolový vůz poháněný čtyřdobým motorem o výkonu 0,75 HP při 450 otáčkách za minutu. Motor měl zapalování elektrickou jiskrou a spaloval ligroin, tedy velice lehký benzín, který tehdy býval odpadní látkou při výrobě petroleje. Patent na toto vozidlo Benz získal roku 1886. I přes tento úspěch se Benz stále zdráhal vůz předvést veřejnosti, což nakonec vedlo k dnes známé výpravě jeho ženy Berthy, která s ním bez Bentzova vědomí vyrazila na návštěvu rodičů. V průběhu cesty dlouhé více než 120 km musela vyřešit několik technických problémů a zajistit v lékárně další zásoby ligroinu.

GOTTLIEB DAIMLER

Bývalý spolupracovník Nicolause Otta se zabýval zdokonalením jeho motorů, k jejichž největším slabinám patřil nízký výkon a vysoká hmotnost. Snažil se zejména o zvýšení výkonu motoru pomocí zvýšení jeho otáček. Nahradil do té doby používané nízkonapěťové zapalování žhavicí trubičkou procházející stěnou hlavy válce, která byla zvenku zahřívána plamínkem. Směs paliva se vzduchem byla natlačena do trubičky, kde se při kontaktu se stěnou válce vznítila. Tato inovace umožnila zvýšení otáček motoru na 900 za minutu.

Roku 1885 Daimler tento motor zabudoval do dřevěné konstrukce, která je dnes považována za první motocykl na světě.



Obr. 5 Daimlerův motocykl, 1885 [2]

Na dalších inovacích zážehového motoru se podílí i Wilhelm Maybach vynálezem karburátoru využívajícího podtlak ve zúženém místě sacího potrubí k tvorbě směsi paliva a vzduchu.

Prvním automobilem, který byl vyroben na území dnešní České Republiky, je Tatra Präsident. Konstrukce vycházela z v Kopřivnici vyráběného kočáru, v prostoru pro zavazadla byl umístěn válcový ležatý motor Benz o výkonu 5 HP při 600 otáčkách za minutu. Roku 1898 uskutečnila čtveřice pasažérů propagační cestu prvním vyrobeným vozem z Kopřivnice na výstavu do Vídně, cestu dlouhou 328 km absolvovali za 24,5 hodiny. [2]



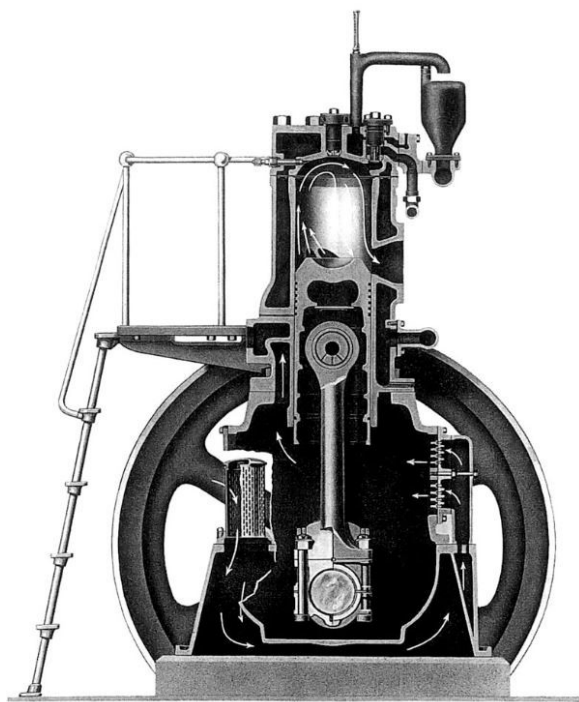
Obr. 6 Automobil Tatra Präsident, 1898 [5]

1.1.3 VZNĚTOVÝ MOTOR

Německý inženýr Rudolf Diesel pracoval na přelomu 19. a 20. století na novém provedení spalovacího motoru. Ve své knize *Teorie a konstrukce racionálního tepelného motoru* v roce 1893 popsal své představy o motoru pracujícím s účinností 70–80 % a tlakem ve válcích mezi 25 a 35 MPa. Nereálnost této teorie si ověřil hned po stavbě prvního prototypu motoru v téže roce. Postupně vzniklo několik prototypů spalujících uhlý prach, benzín nebo petrolej.

Roku 1897 tak vznikl vznětový čtyřdobý motor o výkonu 14,7 kW při 170 otáčkách za minutu s celkovou účinností 26 %. Pro vysokou hmotnost a složitost kompresoru vstřikujícího palivo do válce byly tyto motory využívány pouze jako stacionární nebo lodní.

K rozmachu vozidel poháněných vznětovým motorem dochází po náhradě kompresoru vstřikovacím čerpadlem. Hydraulické vstřikovací čerpadlo si v roce 1910 nechává patentovat James Kenchi, roku 1921 se těmito čerpadly začíná zabývat Robert Bosh. Sériová výroba těchto motorů začíná v roce 1927. [3]



Obr. 7 Schéma dvojtaktního dieselového motoru, firma Fairbanks – Morse, 1924 [6]

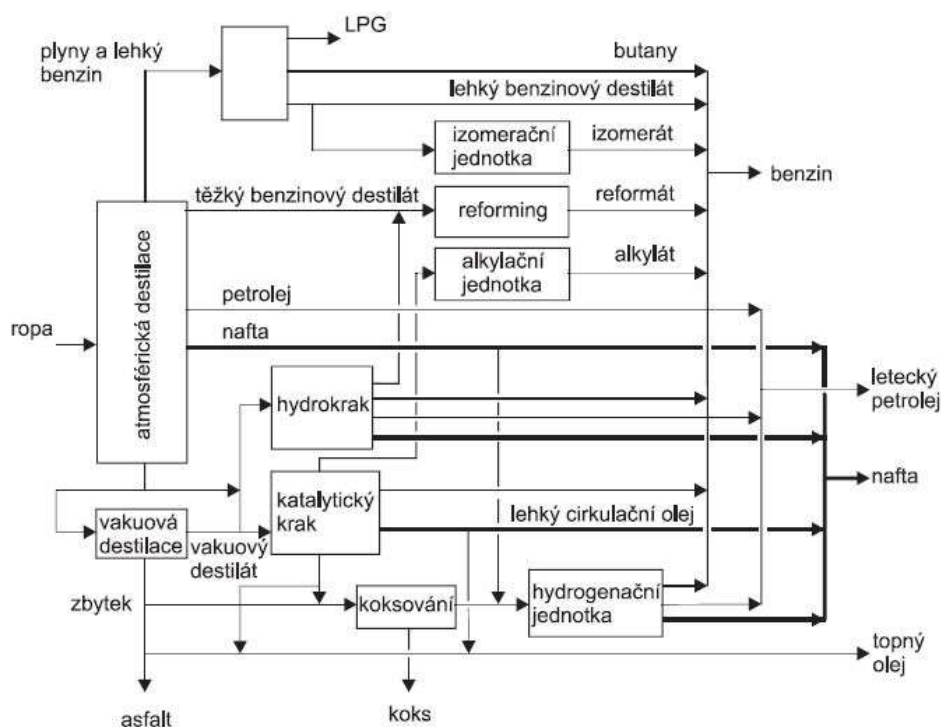
1.2 V SOUČASNOSTI NEJVYUŽÍVANĚJŠÍ PALIVA A JEJICH SROVNÁNÍ

Paliva pro spalovací motory lze dělit podle zdroje, ze kterého jsou získávány. Rozlišujeme fosilní uhlovodíková paliva, paliva získávaná zpracováním biomasy a syntetická paliva. Fosilní paliva lze dále rozdělit na kapalná – benzín, nafta, petrolej a plynná – propan-butan, zemní plyn. Plynnými fosilními palivy, biopalivy, syntetickými palivy i jinými alternativami se budou zabývat další kapitoly této práce.

Kapalná uhlovodíková paliva se získávají frakční destilací ropy. Ropa je kapalina o hustotě 0,8–1,1 g/cm³, její složení bývá vysoce ovlivněno místem nálezů a hloubkou těžby. Ropa obsahuje spektrum uhlovodíků – rozlišujeme ropy alkalické, aromatické a smíšené. Počet

atomů uhlíku v molekule se obvykle pohybuje mezi 1 a 30–40. S klesajícím počtem atomů v molekule klesá i teplota bodu varu a měrná hmotnost molekuly. Uhlovodíky do 4 atomů uhlíku v molekule jsou obvykle za atmosférického stavu plynné látky, od 5 do 17–20 atomů kapaliny, zbytek je tvořen polotuhými a tuhými látkami. Krom uhlíku a vodíku obsahují ropy i neuhlovodíkové složky, zejména organické látky na bázi síry, kyslíku nebo dusíku, pryskyřice, asfaltové látky, minerály, vodu a jiné nečistoty.

Vytěžená ropa se zbavuje mechanických nečistot, vody a solí. Destilací se oddělují rozpuštěné plyny a lehké těkavé uhlovodíky. Tento proces zvyšuje požární bezpečnost při přepravě a skladování. Frakční destilace ropy využívá závislosti teploty bodu varu na počtu atomů uhlíku v molekule. Odpařením a následnou kondenzací se tak získávají jednotlivé frakce. Při destilaci ropy za nízkých teplot získáváme propan-butan, při vysokých teplotách topné oleje, mazut nebo asfalty. Složitějšími procesy, jako jsou například krakování nebo reformace, lze zvýšit podíl benzínu a nafty v jednotlivých frakcích. Dále je možné kapalná uhlovodíková paliva získat zpracováním olejnatých břídlíc. [7]



Obr. 8 Zjednodušené schéma destilace a zpracování ropných frakcí [8]

1.2.1 AUTOMOBILOVÝ BENZÍN

Benzínové motory se využívají především k pohonu silničních vozidel – osobních a menších nákladních automobilů, motocyklů, menších letadel. Benzín se také používá jako palivo pro motory malých hospodářských strojů nebo pro sportovní účely. [7]

Automobilový benzín se při frakční destilaci ropy odpařuje při teplotách 140–180°C. Důraz je kladen na jeho antidetonační vlastnosti a dobrou odpařitelnost, která zajišťuje spolehlivé startování i za nízkých teplot.

Je důležité, aby benzín neobsahoval těžší frakční podíly ropy (nad 210°C), které způsobují ředění oleje v motorové skříni a smývání olejového filmu z povrchu stěn válců. Mezi další požadavky na chemickou čistotu benzínu patří nízký obsah síry, která zvyšuje množství škodlivých látek ve výfukových plynech a způsobuje korozi palivového systému a pokles oktanového čísla, a nízký obsah pryskyřic, které zanášejí trysky a usazují se v sacím ústrojí motoru. [9]

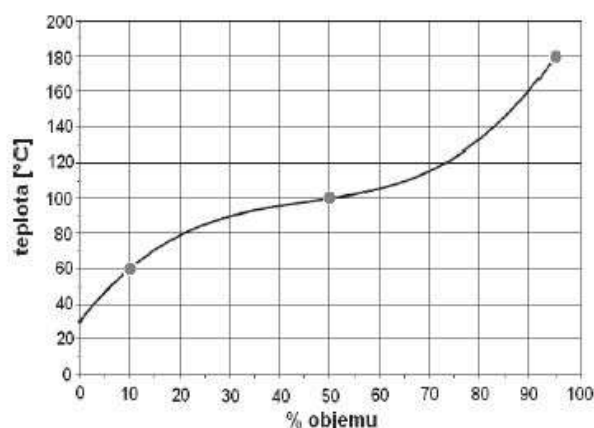
OKTANOVÉ ČÍSLO

Hlavním kritériem pro posuzování kvality benzínu je oktanové číslo, které charakterizuje odolnost proti detonačnímu hoření, tzv. antidetonační vlastnost benzínu. Detonační spalování se navenek projevuje tzv. klepáním motoru. Dochází k prudkému místnímu vzplanutí části směsi benzínu se vzduchem a následná tlaková vlna dopadá na dno pístu a stěny spalovacího prostoru a způsobuje rázy v pístní skupině a na klikovém mechanismu. Při normálním hoření se plamen šíří rychlostí 20–40 m/s, při vyšším tlaku až 1000 m/s, při detonačním hoření dochází k řetězové reakci, tlaková vlna se šíří rychlostí až 2300 m/s. Dlouhodobě dochází ke zvyšování hustoty spalín u stěn spalovacího prostoru, v důsledku čehož dochází k výraznějšímu prostupu tepla a k přehřívání motoru, současně klesá i výkon. Přítomnost detonačního spalování ovlivňuje krom oktanového čísla velikost kompresního poměru, předstih zážehu nebo také tvar, uspořádání a zakarbonování spalovacího prostoru.

Oktanové číslo vyjadřuje procentuální poměr isooktanu (oktanové číslo 100) a n-heptanu (oktanové číslo 0) ve směsi. Za postupného zvyšování kompresního poměru určíme začátek klepání na zkušebním jednoválcovém motoru. Samotný benzín vzniklý rafinací ropy má oktanové číslo velmi nízké. Lze jej zvýšit přidáním antidetonačních látek jako jsou např. TAME, MTBE, ETBE, nebo pomocí dalších rafinérských procesů. [9]

DESTILAČNÍ ZKOUŠKA

Požadované frakční složení automobilového benzínu získáme z destilační zkoušky. Jejím výsledkem je destilační křivka, která vyjadřuje závislost předdestilovaného objemu benzínu vyjádřeného v procentech a teploty. Počáteční teploty destilační křivky se mění v závislosti na klimatických pásmech. Z destilační křivky určujeme tzv. desetiprocentní bod, tj. teplotu potřebnou k odpaření 10 % přivedeného benzínu. Tento bod významně ovlivňuje startovatelnost motoru za nízkých teplot. Podobně určujeme 50% a 95% body. Padesátiprocentní bod ovlivňuje nárůst otáček motoru při akceleraci, spotřebu paliva na delších trasách nebo rychlost ohřevu studeného motoru po nastartování. Devadesátipětiprocentní bod kontrolujeme, aby nedocházelo k trvalému ředění oleje a nárustu opotřebení stěn válce a pístních kroužků. Teplota, při níž dojde k předdestilování veškerého benzínu, by neměla být vyšší než 210°C. [9]



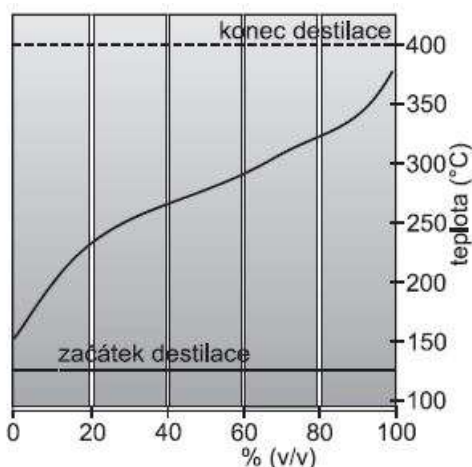
Obr. 9 Destilační křivka benzínu [9]

1.2.2 MOTOROVÁ NAFTA

Naftové motory se využívají k pohonu těžkých nákladních automobilů, zemědělských a stavebních strojů, v určité míře také osobních automobilů. Za naftové jsou považovány také železniční, elektrárenské, lodní nebo jiné průmyslové motory v širokém rozsahu výkonu. Větší motory tohoto druhu bývají poháněny lacinějšími těžšími topnými oleji.

Rozsah teplot, při kterých se v průběhu frakční destilace ropy odpařuje nafta, je udáván jako interval 150–360°C. Výsledná motorová nafta je ale směs petroleje a plynového oleje. Obě tyto složky mají vysoký obsah sirných sloučenin, proto dochází k hydrogenačnímu odsiřování, při kterém jsou odstraněny i stopová množství kyslíku a dusíku. Podmínky hydrogenace ovšem musí být voleny tak, aby nedocházelo ke štěpení molekul a vzniku n-alkanů, tj. parafínů s vysokým bodem tuhnutí. V poslední době s přicházejícími požadavky na výrobu tzv. bezsirnáté nafty přestávají současné hydrogenační procesy postačovat. Dochází tak k jejich vylepšování a modernizaci, nebo probíhají dvoustupňově.

Petrolej se z ropy destiluje při teplotním rozmezí přibližně 160–260°C, má nízký bod tuhnutí (okolí -50°C). Plynový olej se destiluje při teplotách 260–360°C a jeho bod tuhnutí se pohybuje okolo 0°C. [8]



Obr. 10 Destilační křivka motorové nafty [8]

V České Republice je v průběhu roku možné koupit dva druhy motorové nafty pro letní a zimní měsíce. Vzájemně se liší především teplotou vylučování parafinů, jejichž krystalky následně ucpávají palivové filtry a způsobují přerušování dodávky paliva do motoru.

Na základě třídění dle normy ČSN EN 590 je v období od 1. 4. do 31. 10. dodávána motorová nafta třídy B, má zaručenou filtrovatelnost do teploty 0°C. Ve zbytku roku je dodávána motorová nafta třídy E se zaručenou filtrovatelností do -15°C. Zimní druh nafty obsahuje oproti letnímu vysoké množství petrolejové frakce. Vlastnosti a teplotu filtrovatelnosti je možné ovlivnit přidáním aditivních látek. [9]

Tab. 1 Srovnání jednotlivých druhů motorové nafty [9]

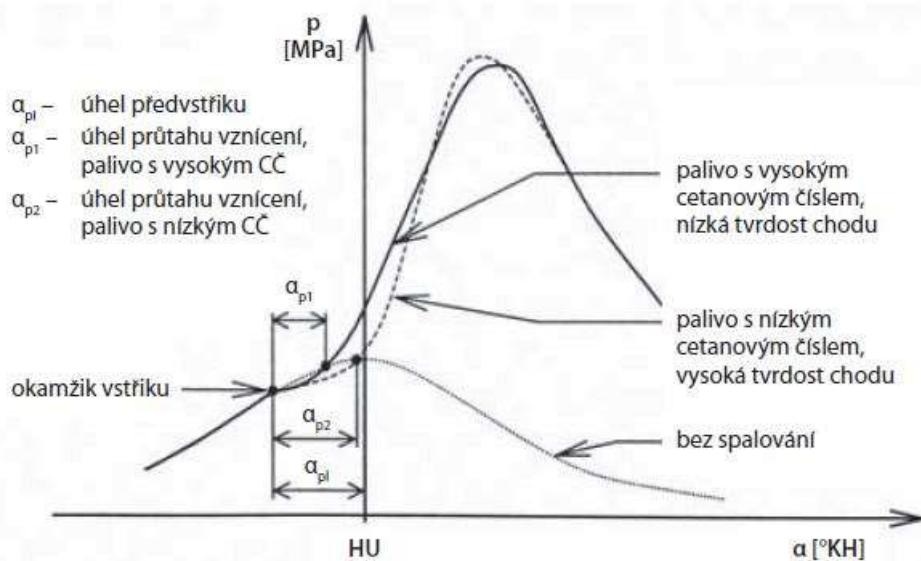
NAFTY MOTOROVÉ	Obchodní název	Hustota při 15°C [kg.m ⁻³]	Cetanový index min.	Viskozita při 40 °C [mm ² .s ⁻¹]	Filtrovatelnost [°C] max	Obsah síry % hm.	Norma
	NM - třída A	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	+5	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída B	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	0	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída C	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	-5	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída D	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	-10	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída E	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	-15	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída F	820 ÷ 860	46	2.0 ÷ 4.5	-20	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída 1	800 ÷ 845	46	1.5 ÷ 4.0	-26	0.05	ČSN EN 590
	NM - třída 2	800 ÷ 840	46	1.5 ÷ 4.0	-32	0.05	ČSN EN 590
	Bionafta BNM-4	820 ÷ 860	—	2.0 ÷ 4.5	0	—	ČSN 65 6508
	Bionafta BNM-22	820 ÷ 860	—	2.0 ÷ 4.5	-20	—	ČSN 65 6508

CETANOVÉ ČÍSLO

U vznětových motorů je kladen důraz na tzv. průtah vznícení, tj. dobu, která uběhne mezi vstřikem paliva do spalovacího prostoru a jeho vznícením. Tento časový interval je ovlivněn provedením motoru a konstrukcí vstřikovacího zařízení, ale také chemickým složením a detonačními vlastnostmi paliva. Kvalitu paliva v tomto směru popisuje cetanové číslo, obdoba oktanového čísla u benzínu.

Cetanové číslo je určeno objemovým podílem cetanu, který má cetanové číslo 100 poukazující na velmi krátkou prodlevu vznícení, a heptametylnonanu s cetanovým číslem 0, které charakterizuje velmi dlouhou prodlevu vznícení. K posuzování vzorků se používá tentýž jednoválcový motor jako pro zjišťování oktanového čísla. Na rozdíl od zážehových motorů, kde se snažíme docílit oktanového čísla co nejvyššího, vznětovým motorům nevyhovuje palivo ani s příliš vysokou, ani s příliš nízkou hodnotou cetanového čísla.

Dlouhá prodleva související s nízkým cetanovým číslem způsobuje vznícení a odpaření velkého množství paliva a tudíž rychlý nárůst tlaku ve spalovacím prostoru. S tímto souvisí tzv. tvrdý chod motoru a zvýšená hlučnost. Vysoké cetanové číslo a nízká prodleva znamená, že palivo začíná hořet blízko trysky, což způsobuje nedostatečné promíchání se vzduchem a tudíž nedokonalé spalování nafty a zanášení trysky karbonem. Cetanové číslo většiny dnes používaných motorových naft se pohybuje v intervalu 45–55. [9]



Obr. 11 Vliv cetanového čísla na průběh hoření [9]

Přísně je hodnocen výskyt sloučenin síry v palivu. Přílišný obsah síry v motorové naftě způsobuje korozi za studena působící na palivovou nádrž, potrubí či čerpadlo, ale také korozi vyvolanou oxidy síry, které vznikají při spalování, a krom ohrožování životního prostředí negativně působí na díly motoru. Povolený obsah síry v palivu je regulován Evropskou Unií. [9]

1.2.3 SROVNÁNÍ FUNKCE VZNĚTOVÝCH A ZÁŽEHOVÝCH MOTORŮ

SPALOVÁNÍ UHLOVODÍKOVÝCH PALIV

Spalování probíhá ve spalovacím prostoru motoru a jedná se o slučování především uhlíku a vodíku s kyslíkem. Probíhá v krátkém časovém okamžiku a můžeme rozlišovat jeho 3 fáze:

V průběhu fyzikální a chemické přípravy dochází k ohřevu rozprášeného paliva a jeho smísení se vzduchem a jeho další ohřev. Poté dochází k zapálení směsi – u zážehových motorů pomocí jiskry od elektrické svíčky, u vznětových motorů ke vznícení kompresí zahřáté směsi paliva a vzduchu. Při vlastním spalování směsi probíhá řada exotermických i endotermických oxidačních reakcí.

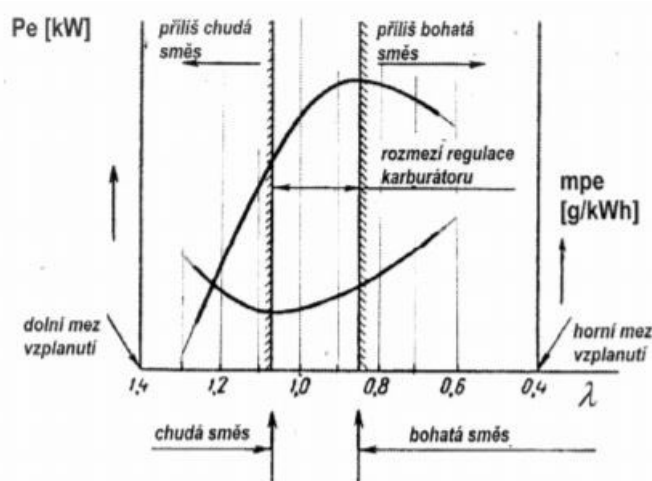
Za předpokladu, že všechny přítomný uhlík zoxiduje na oxid uhličitý a všechny vodík na vodu, dochází k dokonalému spalování. Určujeme tzv. stechiometrický poměr směsi paliva a vzduchu, který udává, kolik kilogramů vzduchu je potřeba k dokonalému spálení 1 kg paliva. Stechiometrický poměr pro benzín má hodnotu 14,8:1, pro naftu 14,5:1.

Poměr mezi skutečně přivedeným a teoreticky potřebným množstvím vzduchu se nazývá vzdušný součinitel, nebo také součinitel přebytku vzduchu a označuje se λ . U stechiometrické je roven 1. Pokud je hodnota λ menší než 1, označujeme díky přebytku paliva oproti vzduchu směs za bohatou a naopak.

Zážehové benzínové motory dosahují nejnižší měrné spotřeby paliva při hodnotách součinitele $\lambda = 1,1$ až $1,3$, maximálního výkonu dosahují, když se λ pohybuje okolo $0,85$. Pomocí škrticí klapky dochází ke kvantitativní regulaci množství palivové směsi přiváděné do válce.

U benzínových zážehových motorů vybavených katalyzačním tlumičem je hodnota vzduchového součinitele pomocí λ sondy udržována mezi 0,95 a 0,97.

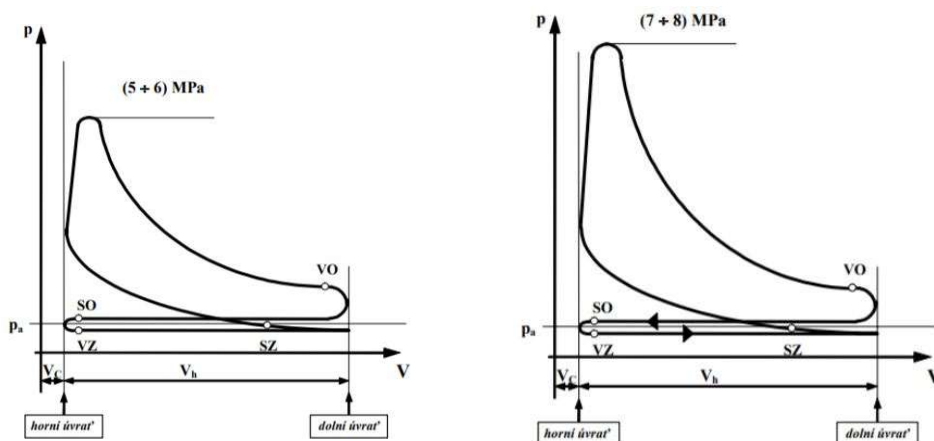
U vznětových motorů dochází ke kvalitativní regulaci, kdy se výkon motoru mění na základě množství přiváděného paliva, zatímco množství vzduchu přiváděného do spalovacího prostoru zůstává konstantní. Toto má za následek velké změny součinitele λ v průběhu zatěžování motoru. Jeho hodnoty se tak pohybují od 5 při nízkých zatíženích až k 1,25 při plném zatížení. [9]



Obr. 12 Vliv součinitele λ na práci zážehového motoru. [9]

SROVNÁNÍ TEPELNÉHO OBĚHU ZÁŽEHOVÝCH A VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

Zdrojem energie pro spalovací motory je tepelný oběh – periodický děj, při kterém dochází ke změnám stavových veličin pracovní náplně válce. Vyjadřuje závislost změny tlaku plynů ve válci na okamžité velikosti spalovacího prostoru. Změnu tlaku posuzujeme z úhlu natočení klikového hřídele a přepočítáváme na okamžitý objem spalovacího prostoru. Na základě těchto dat vypracováváme indikátorové diagramy. [9]



Obr. 13 Srovnání indikátorového diagramu pro zážehový (vlevo) a vznětový motor [9]

U obou typů motorů se pracovní skládá ze čtyř dob odpovídajících jednotlivým zdvihům pístu.

Při sání se píst pohybuje od horní k dolní úvratí a díky podtlaku dochází k nasání směsi paliva a vzduchu do válce. Otevírání sacího ventilu je pozvolné, aby v rozvodovém mechanismu nedocházelo k rázům. Zavírání sacího ventilu je také pozvolné, využíváme kinetickou energii směsi pro maximální naplnění válce.

Následuje komprese, při které se píst pohybuje od dolní k horní úvratí a stlačuje směs paliva a vzduchu.

V zážehovém motoru je následně směs zapálena elektrickou jiskrou a při jejím shoření dochází k prudkému nárůstu tlaku a teploty. Při zdvihu pístu od horní k dolní úvratí probíhá expanze, zvětšuje se pracovní objem nad pístem a tlak ve válci motoru klesá.

Při výfuku dochází k odstranění spalín z válce motoru. Protože tlak ve válci je vyšší než ve výfukovém potrubí, pohybují se spaliny relativně vysokou rychlostí, po průchodu pístu dolní úvratí jsou dále vytlačovány pístem samotným.

U vznětového motoru je do pracovního prostoru válce nasáván pouze čistý vzduch, který je při kompresi stlačen na výrazně vyšší tlak než u zážehového motoru. V důsledku tohoto stlačení se vzduch zahřívá na vysokou teplotu. Palivo je pak do válce motoru vstřikováno pod vysokým tlakem, drobné kapičky se rychle odpařují. Směs se vzněcuje po určité prodlevě a velmi intenzivně hoří. Oproti zážehovému motoru (5-6 Mpa) pracuje vznětový motor s tlaky 7-8 Mpa. [9]

Tab. 2 Srovnání parametrů benzínu a nafty [9]

PARAMETR		Benzín	Nafta
měrná hmotnost	kg.dm ⁻³	0.73	0.86
bod varu	°C	38 ÷ 204	160 ÷ 343
spodní výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	44.9	43.0
spodní výhřevnost	MJ.m ⁻³	32700	36800
stechiometrický poměr	kg.kg ⁻¹	14.8	14.5
zápalná teplota	°C	257	210
rychlost hoření	m.s ⁻¹	0.34	0.34

Na efektivní práci se v motoru převede pouze část tepla získaného při spalování.

Platí rovnice tepelné bilance: $Q_p = Q_e + Q_{chl} + Q_v + Q_{ns} + Q_o + Q_{ost}$, [J.s⁻¹]

kde Q_p značí celkové množství tepla přivedené v palivu, zatímco druhou stranu rovnice tvoří teplo ekvivalentní práci motoru, teplo odvedené chlazením, teplo odvedené výfukem, teplo ztracené nedokonalým spalováním paliva, teplo odvedené mazacím olejem a teplo ostatní, např. odvedené v podobě kinetické energie výfukových plynů. [9]

Následující dvě tabulky poskytují srovnání zážehových a vznětových motorů z hlediska množství tepla přeměněného na výkon:

Tab. 3 Celková tepelná bilance zážehového motoru [9]

Teplo přeměněné na výkon		32%
Teplo odvedené chlazením	Teplo odvedené při hoření	6%
	Teplo odvedené při expanzi	7%
	Teplo odvedené při výfuku	15%
Teplo odvedené výfukovými plyny a zářením		40%
Celkem		100%

Tab. 4 Celková tepelná bilance vznětového motoru [9]

Teplo přeměněné na výkon		45%
Teplo odvedené chlazením	Teplo odvedené při hoření	8%
	Teplo odvedené při expanzi	6%
	Teplo odvedené při výfuku	9%
Teplo vyvolané třením pístů		2%
Teplo odvedené výfukovými plyny a zářením		30%
Celkem		100%

1.3 PROBLÉMY SOUČASNÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ

I přes všechny jejich nesporné výhody produkují spalovací motory emise znečišťující životní prostředí a spotřebovávají neobnovitelné zdroje fosilních paliv, jejichž získávání se tak stává stále nákladnějším.

1.3.1 PRODUKCE ŠKODLIVÝCH EMISÍ

Dle působení lze dělit škodliviny obsažené ve výfukových plynech na látky toxické – škodlivě působící na živé organismy jejich přímým poškozováním a na látky mutagenní – schopné vyvolat nežádoucí změny genetického kódu pro reprodukci buněk, zejména karcinogeny, které vyvolávají zhoubné bujení. Jde především o plynné, ale částečně i pevné látky, které mohou na živé tkáně působit i mechanickým podrážděním, popřípadě mohou obsahovat kondenzované kapalné škodliviny.

Jedná se především o plyny ze skupiny NO_x a CO, zbytky nespálených uhlovodíků HC, SO₂ a sublimované halogenidy olova. CO₂ v tomto případě není krom skleníkového efektu přímou

škodlivinou pro životní prostředí, může ovšem zesilovat účinky CO. Přímo neškodí ani vodní pára, může ovšem po kondenzaci reagovat s některými plyny za vzniku korozivních kyselin, jako jsou např. HNO_2 , HNO_3 nebo H_2SO_4 .

Pevné látky obsažené ve výfukových plynech mají obvykle velmi malé rozměry (řádově 10 nm) a jedná se o saze a anorganické látky ze spáleného paliva a oleje. Jejich část tvoří nespálené kondenzované uhlovodíky HC. [9]

ŠKODLIVÉ PŮSOBENÍ JEDNOTLIVÝCH LÁTEK

Oxid uhelnatý (CO) je plyn bez barvy a bez zápachu, který se váže na krevní barvivo hemoglobin v krvi a blokuje přenos kyslíku krví. Za zvýšené koncentrace CO_2 je jeho účinek urychlován.

Uhlovodíky zbylé po spalování jsou velmi různorodou skupinou. Alkany a alkeny živé tkáně nijak neohrožují, další aromatické polycyklické sloučeniny jsou často karcinogenní, dráždivě působí na sliznice, podporují vznik jedovatého ozónu O_3 , v horních vrstvách atmosféry spolu s jinými sloučeninami podporují vznik skleníkového efektu.

Oxidy dusíku (NO_x): oxid dusnatý (NO) se stejně jako CO váže na hemoglobin, ale rychle se opět odbourává, vyskytuje se především ve výfukových plynech zážehových motorů. V atmosféře se obzvlášť za působení O_3 rychle redukuje na oxid dusičitý (NO_2). Ten napadá plíce a sliznice, opět se váže na hemoglobin. V půdě působí jako hnojivo, ale poškozuje nadzemní části rostlin. Dusitany (solí kyseliny dusné) vedou na vznik karcinogenních nitrosaminů.

Oxid siřičitý (SO_2) napadá sliznice, potlačuje odolnost proti infekcím. Tvoří kyselé deště poškozující lesní porosty. Olovo je jedovatý těžký kov postupně se kumulující v živých organismech. Částice mohou nést na povrchu kondenzované karcinogeny a mutageny, způsobují viditelný kouř a jsou zdrojem poléťavého prachu. [7]

1.3.2 SPOTŘEBA NEOBNOVITELNÝCH FOSILNÍCH PALIV

S rostoucí spotřebou a poptávkou v posledních desetiletích roste i cena ropy, což vede ke snaze optimalizovat a prodloužit těžbu ze stávajících ložisek, ale také objevit nové, doposud nevyčerpané zdroje ropy nehledě na komplikovanější přístup, terén, hloubku nebo samotnou velikost nalezišť.

Lze předpokládat, že ukončení těžby v Severním moři v následujících letech ještě prohloubí závislost Evropy na dovozu ropy. Na druhou stranu ložiska na blízkém východě, v Severní Americe nebo v Rusku těžbu ještě několik desetiletí nebudou muset omezit.



Obr. 14 Mapa světa znázorňující oblasti, ve kterých dochází k těžbě ropy, a oblasti, kam je ropu třeba dovážet [10]

V Severní Americe je v plánu těžba kanadských ropných písků, dále dojde k prozkoumání Antarktidy a Arktidy, zkoumá se také možnost těžby hydrátů ze dna moří. V následujícím století je tudíž ještě možnost počítat s energií z fosilních paliv, i když jejich vzrůstající cena vytváří podmínky pro objevování a rozvoj alternativních zdrojů. [10]

1.4 ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO SPALOVACÍ MOTORY

Kvůli produkci škodlivých emisí a čerpání zásob neobnovitelných zdrojů dochází k dlouhodobému hledání alternativ k nejen automobilovým motorům spalujícím fosilní paliva. Mimo alternativních, např. hybridních, elektrických nebo vodíkových pohonů vozidel jsou v současnosti využívána alternativní paliva pro běžné spalovací motory, ať už se jedná o plynná paliva, paliva získávaná z biomasy nebo synteticky vyráběnou motorovou naftu.

Tab. 5 Srovnání hlavních charakteristik běžně užívaných a některých alternativních paliv [11]

Palivo	Výhřevnost MJ/kg	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Stechiometrické dávkování
Benzín 98 okt.	43,59	720/770	15
Kerosin	43,6	760/840	15
Nafta	42,61	840/890	14,5
LPG	46,4	cca 2	cca 16
Zemní plyn	33,48/m ³ 45,24/kg	0,74	17,4
Benzol	41,8	875	13
Metylalkohol	18,77	795	6,5
Etylalkohol	22,17	789	7

1.4.1 BIOPALIVA

Jedná se o obnovitelné zdroje energie, při jejichž pěstování nově rostoucí rostliny při fotosyntéze spotřebovávají oxid uhličitý, čímž redukuje tvorbu skleníkového efektu. Krom CO_2 vyprodukovaného při spalování těchto zdrojů je ale potřeba zahrnout i emise vyprodukované při pěstování a úpravách vstupní suroviny, tudíž dochází pouze k omezení znečišťování ovzduší.

Dle druhu vstupní suroviny rozlišujeme biopaliva první a druhé generace. Biopaliva první generace využívají jako vstupní suroviny především plodiny využívané v potravinářském průmyslu, ve druhé generaci byly tyto zdroje nahrazeny lignocelulózovým materiálem a odpadními produkty. [12]

ROSTLINNÉ OLEJE

Získávají se lisováním semen olejnatých rostlin, v tropickém nebo subtropickém pásu především palmy olejné, v Evropě hlavně řepky.

Tab. 6 Srovnání vlastností rostlinných olejů s motorovou naftou [9]

PARAMETR		OLEJ					motorová nafta
		řepkový	slunečnicový	lněný	sójový	podzemnicový	
měrná hmotnost	g.cm^{-3}	0.917 ÷ 0.920	0.920 ÷ 0.927	0.930 ÷ 0.935	0.922 ÷ 0.934	0.911 ÷ 0.925	0.815 ÷ 0.855
bod vzplanutí	$^{\circ}\text{C}$	317	316		330	333	> 55
bod tuhnutí (zákalu)	$^{\circ}\text{C}$	0 ÷ (-2)	(-16) ÷ (-18)	(-18) ÷ (-27)	(-8) ÷ (-18)	(-2) ÷ (-3)	0 ÷ (-2)
kinematická visk. (20 $^{\circ}\text{C}$)	$\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$	97.7	65.8	51	63.5	84.3	3 ÷ 8
spalné teplo	MJ.kg^{-1}	40.56	39.81	39.51	39.73	39.99	45 ± 0.6

Z tabulky je patrné, že vzhledem k vlastnostem rostlinných olejů jimi nelze přímo nahradit obvykle používaná paliva v běžných spalovacích motorech. Nízká odpařivost kapek oleje vede k tvorbě karbonu a k rychlém (v řádu desítek provozních hodin) zanášení pístních kroužků, čímž riskujeme zadření motoru.

Řešení bylo nalezeno v esterifikaci vylisovaného vyčištěného oleje. Při tomto procesu jsou velké molekuly oleje pomocí alkoholu štěpeny na menší, čímž zajistíme jeho nižší viskozitu a lepší použitelnost v běžných naftových motorech.

BIONAFTA PRVNÍ GENERACE

V Evropě nejvyužívanějším olejovým biopalivem je metylester řepkového oleje. Jeho vlastnosti jsou podobné motorové naftě, avšak dochází k poklesu výkonu motoru přibližně o 5 %, k lehkému nárustu spotřeby paliva a k poklesu kouřivosti motoru až o 50 %. Ovlivněno je i složení výfukových plynů. Využití biopaliv zvyšuje produkci škodlivých oxidů dusíku, hodnoty CH_4 a CO_2 zůstávají srovnatelné. Je třeba zmínit i startovatelnost motoru, která se za obvyklých teplot téměř neliší, ale významně se zhoršuje už při teplotách lehce pod bodem mrazu.

Jako bionaftu první generace obecně označujeme palivo vyráběné esterifikací určitého druhu oleje. Uvádím již rozvedený RME, metylester řepkového oleje označovaný také MEŘO, SME – metylester slunečnicového oleje, SOME – metylester ze sójového oleje, FAME – metylester z živočišných tuků a VUOME – metylester z použitých fritovacích tuků. [9]

BIONAFTA DRUHÉ GENERACE

Jedná se o směsné palivo skládající se z RME a uhlovodíkového paliva. Je tvořeno směsí metylesteru řepkového oleje, lehkých nebo těžkých alkanů vynikajících svými palivovými vlastnostmi, ovšem za cenu nízké mazivosti, a tzv. tzv středního bezsirného destilátu, který zvyšuje výkon motoru a kompenzuje nárůst spotřeby zapříčiněný přítomností alkanů, ale zhoršuje biologickou odbouratelnost paliva. [9]

Používáním biopaliv první generace lze snížit produkci CO₂ až o 50 %, u druhé generace se pak jedná až o 90 %. [12]

1.4.2 PLYNNÁ PALIVA

Jedná se o fosilní paliva, která mají ovšem oproti běžně užívané naftě a benzínu řadu výhod. Menší obsah škodlivých emisí ve výfukových plynech je umožněn lepším mísením paliva se vzduchem, mají taktéž lepší antidetonační vlastnosti. Nesmývají palivový film ve válci motoru a nezpůsobují usazování karbonu. Jejich skladování a distribuce ovšem způsobuje řadu komplikací, které prozatím brání jejich plošnému rozšíření. [9]

LPG

LPG je směs uhlovodíkových plynů vznikající v rafineriích jako vedlejší produkt při zpracování ropy, skládá se z propanu a butanu, jedná se o plyn těžší než vzduch.

Tab. 7 Srovnání vlastností propanu a butanu s benzínem [9]

PARAMETR		propan	butan	benzín
hustota při 15 °C	kg.dm ⁻³	0.508	0.584	0.73 ÷ 0.78
tlak par při 37 °C	kPa	1210	260	50 ÷ 90
teplota varu	°C	-42.6	-0.6	30 ÷ 225
oktanové číslo		97	89	85 ÷ 87
výhřevnost hmotnostní	MJ.kg ⁻¹	46.37	45.78	44.03
výhřevnost objemová	MJ.dm ⁻³	23.28	26.51	32.3

Nižší objemová výhřevnost LPG způsobuje nárůst spotřeby paliva o cca 25 %, toto je ovšem kompenzováno jeho řádově poloviční cenou oproti benzínu nebo naftě.

Běžně se kapalný propan butan tankuje do přídavné tlakové nádrže s víceúčelovým ventilem, který zajišťuje bezpečnost provozu. Tlakové nádrže rozlišujeme podle tvaru a použitých materiálů na válcové nebo toroidní, ocelové nebo kompozitní. Celá nádrž bývá osazena v plynotěsné schránce, kapalný propan butan je dopravován vysokotlakým potrubím do motorového prostoru, kde se v regulátoru tlaku vlivem vysoké teploty odpařuje na plyn a poté se mísí s přiváděným vzduchem.

Mezi hlavní výhody LPG patří provozní náklady a díky absenci usazenin karbonu prodloužení životnosti motoru. Produkce emisí je srovnatelná s novými spalovacími motory na obvyklá

paliva. Díky bohaté síti čerpacích stanic v ČR není infrastruktura omezením. Z bezpečnostních důvodů není možno automobily na LPG vjíždět do podzemních garáží, na trajekty a do některých tunelů. Je třeba počítat s pravidelnými revizemi.[12]

ZEMNÍ PLYN

Mezi hlavní výhody vozidel spalujících stlačený zemní plyn patří výrazně ekologičtější provoz. Dochází ke snížení jak produkce škodlivých emisí – oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, nespálených uhlovodíků, tak k redukci kouřivosti a vylučování pevných částic. Produkce oxidu uhličitého způsobujícího skleníkový efekt je nižší o 20-25 %, vylučuje se i méně ozónu poškozujícího atmosféru, spaliny navíc neobsahují oxid siřičitý.

Motory spalující CNG jsou také oproti těm na běžná paliva výrazně tišší a díky vysoké zápalné teplotě a faktu, že je CNG, který je navíc uchováván v tlakových nádobách, lehčí než vzduch, dosahují vyšší bezpečnosti provozu.

Cena zemního plynu je nižší než benzínu nebo nafty, vysoké oktanové číslo (v závislosti na přesném složení 100 až 130) umožňuje motoru pracovat i s chudší palivovou směsí.

Hlavní nevýhodou provozu na zemní plyn je v současnosti nedostatečná infrastruktura. Kvůli nízkým počtům vyráběných vozidel jsou vyšší i pořizovací náklady nebo náklady na přestavbu, je třeba počítat se zpřísněnými opatřeními a nutností pravidelných kontrol. Provoz na zemní plyn je dnes rozšířen u vozů městské hromadné dopravy. [12]

LNG

Jedná se o zkapalněný zemní plyn. Oproti běžně používanému stlačenému zemnímu plynu (CNG) je jeho hlavní výhodou výrazně menší objem. Téměř nedochází k produkci škodlivých emisí, hustota energie je srovnatelná s ropnými kapalnými palivy. Nedochází také k prodlevám v době plnění nádrže. Hlavní nevýhodou zkapalněného zemního plynu je nutnost uchovávat jej za velmi nízkých teplot. [12]

1.4.3 SYNTETICKÁ MOTOROVÁ NAFTA

Syntetická paliva získáváme zkapalňováním fosilních paliv, ze tzv. syntézního plynu nebo zplyňováním biomasy.

Syntetická motorová nafta je vyráběna Fisher-Tropshovou syntézou, technologií vyvinutou již ve 30. letech minulého století. Jedná se exotermní reakci katalyzovanou kovy, např. Fe a Co, které při vhodných podmínkách štěpí vazbu mezi uhlíkem a kyslíkem.

Aktuálně je ve vývoji proces výroby syntetické nafty, tzv. Sundieselu z biomasy. Syntézní plyn vzniká spalováním rozmělněné sušené biomasy, vodní páru vzniklou při následném ochlazení je možno využít k výrobě elektrické energie. Ze vzniklého syntetického plynu je odstraňována síra, poté dochází za přítomnosti kobaltu k samotné Fisher-Tropshově syntéze. Výsledné palivo s vysokým cetanovým číslem vzniká po destilaci a hydrokrakování. [9] [12]

2 ALTERNATIVNÍ POHONY

2.1 HYBRIDNÍ POHONY

Hybridní pohon využívá pohonu dvou principiálně naprosto odlišných pohonných jednotek, nejčastěji se jedná o kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru. Toto spojení umožňuje využít jak maximální točivý moment spalovacího motoru, který se pohybuje okolo 4000 ot/min (2000 ot/min v případě přeplňovaného motoru) a maximální točivý moment elektromotoru, který vykazuje vysoké hodnoty už od nulových otáček.

Díky elektromotoru hybridní automobily vykazují výrazně nižší množství vyprodukovaných emisí, toto ovšem nezahrnuje emise vyprodukované při výrobě elektrické energie. Důležitým aspektem je tzv. rekuperace – využití tepelné energie vzniklé při brzdění. Elektromotor zde zastává funkci generátoru a tuto energii přeměňuje na elektrickou energii k nabití akumulátorů.

Hybridní pohony rozdělujeme na micro hybridy, mild hybridy a full hybridy. [11]

2.1.1 MIKRO HYBRID TECHNOLOGIE

Tato technologie využívá 12 V akumulátor, start-stop systém a rekuperaci elektrické energie. Díky start-stop technologii je možné částečně snížit emise, které vozidlo produkuje. Především v městském provozu, pokud automobil stojí, není třeba, aby běžel motor. Energie potřebná pro funkci palubních systémů vozidla je odebírána z akumulátoru, který je využíván i pro startování motoru a dobíjí se právě při brzdění. [11]

2.1.2 MILD HYBRID TECHNOLOGIE

Jedná se o technologii spojující elektromotor a spalovací motor. Vozidlo využívá VN akumulátory, u některých typů je možné Plug-In napájení ze sítě. Dělí se na sériový a paralelní.

SÉRIOVÝ MILD HYBRID

Jedná se o automobil, jehož kola jsou poháněna pomocí elektromotoru. Ten je napájen pomocí generátoru a akumulátoru nebo spalovacího motoru. Při poklesu napětí VN akumulátoru dochází ke spuštění spalovacího motoru, který jej dobíjí, nebo přímo pohání kola. Pohon je realizován tak, že elektromotor a převodovka tvoří jeden celek a k přenosu energie na kola slouží přes diferenciál hnací hřídele s homokinetickými klouby. Protože zde spalovací motor pracuje při efektivních otáčkách, má nízkou spotřebu i emise, zato dobrý výkon a účinnost. [11]

PARALELNÍ MILD HYBRID

Pohon paralelního mild hybrid automobilu se skládá ze spalovacího motoru, elektromotoru, převodovky, výkonové elektroniky a VN akumulátorů. Tento systém neumožňuje jízdu v plně elektrickém režimu, elektromotor napomáhá spalovacímu motoru k lepší akceleraci, případně při brzdění pracuje jako generátor a ukládá energii do akumulátorů, slouží jako alternátor a startér, také se využívá technologie start-stop. [11]

2.1.3 FULL HYBRID TECHNOLOGIE

Tato technologie využívá nejlepších vlastností obou pohonných jednotek. Automobil má kromě spalovacího motoru a elektromotoru převodovku, vysokonapěťové akumulátory a případně dělič výkonu. Oproti micro a mild koncepcím je možno pohánět kola jen spalovacím motorem, jen elektromotorem nebo kombinací obou pohonných jednotek. Elektromotor slouží jako

generátor pro VN akumulátory, 12V akumulátor a startér. Technologie využívá vznětové i zážehové motory.

Dělič výkonu se může nacházet v převodovce a pomocí planetových převodů a spojek rozdělovat točivý moment přicházející od různých pohonných jednotek podle aktuálních provozních podmínek. Automobil rozlišuje různé jízdní režimy od jízdy jen na spalovací motor, nebo čistě elektrické jízdy přes rekuperaci, jízdu se spalovacím motorem a zároveň dobíjením VN akumulátoru nebo jízdu se spalovacím motorem i elektromotorem, kdy je využit točivý moment obou jednotek.

Technologie Plug-In Hybrid umožňuje dobíjení Mild a Full hybridních automobilů ze sítě 230V nebo 380V. [11]

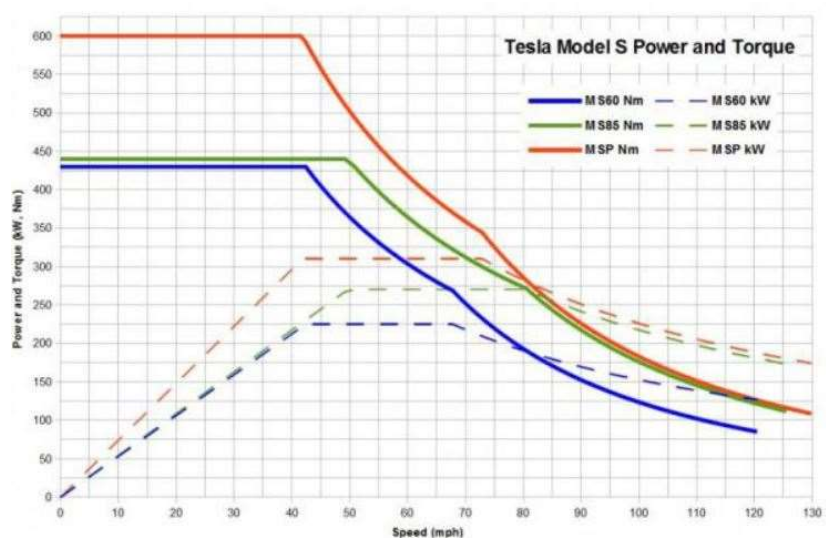


Obr. 15 Toyota Prius využívá Full Hybrid Plug-In technologie. [13]

2.2 ELEKTROMOBILY S POHONEM NA BATERIE

Na první pohled se elektromobily jeví jako ideální řešení ekologického problému se spalovacími motory na fosilní paliva. Při samotném provozu neprodukují téměř žádné škodlivé emise, provoz na kilometr jízdy je levnější a samotné vozidlo není náročné na údržbu, vozidla navíc vykazují vysoký točivý moment už od nízkých otáček, což je velmi výhodné především pro městský provoz. S postupujícím vývojem se zvyšuje kapacita baterií a zkracuje doba jejich nabíjení, což prodlužuje samotný dojezd elektromobilu. Vývojem elektromobilů se dnes zabývá každý automobilový koncern, s jejich rozšiřováním se zároveň stávají dostupnějšími.

Samostatnou otázkou je původ elektrické energie a jeho ekologie, případně také ekologická likvidace baterií po vypršení jejich životnosti.



Obr. 16 Průběh točivého momentu a výkonu u vozu Tesla S [14]

2.2.1 AKUMULÁTORY VYUŽÍVANÉ V ELEKTROMOBILECH

Akumulátory slouží k opakovanému ukládání elektrické energie. Jedná se o zařízení pracující na různých principech, v automobilovém průmyslu jsou ovšem ale nejčastěji využívány akumulátory elektrochemické a mechanické.

Elektrochemické akumulátory pracují na procesu přeměny elektrické energie na chemickou. Jedná se o vratný proces, při kterém elektrický proud procházející akumulátorem vyvolá chemické změny, jež se projeví rozdílným elektrochemickým potenciálem na elektrodách. Tyto články jsou sdružovány do akumulátorových baterií. [11]

OLOVĚNÉ AKUMULÁTORY

Nejobvyklejšími akumulátory jsou olověné baterie. Aktivní hmotu záporné elektrody představuje houbovitě olovo, u kladné elektrody oxid olovičitý, elektrolytem je vodou zředěná kyselina sírová. Tento roztok bývá ztlučen do formy gelu nebo nasán do skelné vaty. Vybíjením baterie se aktivní hmoty obou elektrod přetváří na síran olovnatý, elektrolyt je obohacován o vodu. V případě nabíjení akumulátoru koncentrace elektrolytu opět vzrůstá.

Hlavní výhodou olověných akumulátorů je jejich cenová dostupnost společně se schopností produkovat vysoké hodnoty proudu. Mezi hlavní nevýhody patří nižší počet dobíjecích cyklů (500-800), nižší účinnost dobíjení, tzv. sulfatace – proces, kdy u vybitého nebo částečně vybitého akumulátoru dochází k nevratným degradačním změnám a vysoká toxicita zapříčiňující nutnost následné ekologické likvidace. [11]

NiCd AKUMULÁTOR

Jedná se o druh galvanického článku. Nikl-kadmiový akumulátor má oproti akumulátoru olověnému výrazně vyšší odolnost vůči hlubokému vybití, tudíž při skladování v nenabitěm stavu nedegraduje. Má relativně malý vnitřní odpor, tudíž dokáže dodávat vysoké proudy. V porovnání s NiMH a Li-ion akumulátory má ovšem relativně nízkou měrnou kapacitu.

Mezi jeho hlavní výhody patří vysoký počet nabíjecích cyklů (2000) a možnost nabíjení vyššími proudy. Mezi hlavní nevýhody spadá paměťový efekt, kdy baterie v případě pravidelného dobíjení jen při částečném vybití postupně ztrácí svou maximální kapacitu. Ve srovnání s olověnými bateriemi jsou kvůli své náročnější výrobě také cenově hůře dostupné, ovšem stejně jako u olověných akumulátorů je kvůli toxicitě nutná ekologická likvidace. [11]

NIMH AKUMULÁTOR.

Tento druh galvanického článku je dnes nejrozšířenějším akumulátorem používaným pro pohon elektrických vozidel. Oproti Ni-Cd akumulátoru má dvojnásobnou až trojnásobnou kapacitu a drží konstantní napětí až téměř do úplného vybití baterie. Je schopený dodávat velké proudy.

NiMH baterie jsou relativně levné a výrazně ekologičtější oproti olověným nebo nikl-kadmiovým akumulátorům. Disponují ale nižším počtem dobíjecích cyklů (nad 1000) a paměťovým efektem. [11]

LI-ION BATERIE

V Li-Ion baterii se Lithium-Ionty pohybují mezi katodou a anodou. Vzhledem ke svému objemu má tato baterie vysokou hustotu energie a je dnes velmi často používaná pro přenosné elektrické přístroje. Navíc je možné ji tvarovat podle individuálních požadavků. Netrpí na paměťový efekt a sama od sebe se vybíjí velmi pomalu. Kvalita baterie ovšem podléhá procesu stárnutí a její kapacita nezávisle na používání klesá. Tento proces je navíc výrazně ovlivněn teplotou okolního prostředí. Při skladování v prostředí o teplotě cca 4°C klesá kapacita baterie za rok zhruba o 4 %, ovšem při dlouhodobému vystavení teplotám okolo 40°C bude tento pokles okolo 35-40 %.

V porovnání s předchozími typy baterií mají Li-Ion baterie vyšší vnitřní odpor, tudíž nejsou schopny dávat tak vysoké hodnoty proudu. Při přehřátí, zkratování nebo připojení vyššího napětí může baterie explodovat. [11]

Model Tesla Roadster z roku využívá 2006 využívá 6831 Li-Ion baterií po 3,7 V, které jsou řazeny semiparalelně a dohromady poskytovaly kapacitu 53 kWh. V roce 2014 byla tato kapacita navýšena na 80 kWh. Vůz má maximální rychlost 201 km/h a stal se prvním sériově vyráběným elektromobilem, který na jedno nabití ujel přes 200 mil (320 km). [11] [15]



Obr. 17 Studie nové Tesly Roadster pro rok 2020 [16]

Tab. 8 Srovnání jednotlivých typů baterií [12]

Typ baterie	Hustota energie		Výkonová hustota		Životnost		Cena
	Wh/kg	Wh/l	Wh/kg	Wh/l	cyklů	let	Eur/kW
Pb	30-50	70-120	150-400	350-1000	50-1000	3-5	100-150
Ni-Cd	40-60	80-130	80-175	180-350	>2000	3-10	225-350
Ni-MH	60-80	150-200	200-300	400-500	500-1000	5-10	225-300
Li-Ion	90-120	160-200	300	300	1000	5-10	275

ELEKTROMOBILY POHÁNĚNÉ PALIVOVÝMI ČLÁNKY

Palivový článek slouží jako alternativa zásobníku energie pro vozidla na elektrický pohon. Elektromobil poháněný palivovými články má relativně vysokou účinnost a není odkázáno na nutnost dlouhého dobíjení. Palivovému článku je zvenčí soustavně přiváděn redukční a oxidační prostředek. Dokud je substance přiváděna, palivový článek dodává energii, jeho výkon se může v širokém rozsahu měnit. Jako palivo, které je třeba dodat, může sloužit methanol, zemní plyn nebo vodík, vozidlo poté získává několik hodin jízdy jako se spalovacím motorem, účinnost je oproti němu však téměř dvojnásobná. Produkci oxidu uhelnatého a oxidu dusíku je zcela zamezeno, oxid uhličitý se vylučuje, pokud palivový článek zpracovává uhlovodíkové palivo. [12]

2.3 VODÍKOVÝ POHON

Vodík se dlouhodobě jeví jako vhodná alternativa ke spalovacím motorům a elektropohonům, je však nejdříve třeba vyřešit jeho produkci a skladování.

VÝROBA VODÍKU

Většina vyrobeného vodíku ve světě dnes stále pochází z fosilních paliv, krom toho jej ale lze získávat elektrolýzou nebo z biomasy.

Z fosilních paliv je vodík nejčastěji vyráběn pomocí parního reformování zemního plynu, jedná se totiž oproti parciální oxidaci uhlovodíků a zplyňování uhlí o technologii s nejnižšími náklady.

Při elektrolýze vody dochází v disociaci vody účinkem stejnosměrného elektrického proudu procházejícího dvěma kovovými, které jsou ve vodě ponořeny. Výsledkem disociace je vznik opačně nabitých iontů, které jsou přitahovány k elektrodám, na kterých se oxidují, popř. redukují. Výsledkem elektrolýzy je rozdělení předem definovaného množství vody na plynný kyslík a plynný vodík pomocí spotřebovaného elektrického proudu. Tuto elektrickou energii je ovšem možné získávat i z obnovitelných zdrojů.

Vodík z biomasy lze získávat pomocí jejího parního reformování nebo biotechnologických procesů. Je také možné využít bioplyn nebo bioethanol, tj. deriváty biomasy, ale mnohem efektivnější je tyto deriváty využít přímo jako alternativní palivo pro spalovací motor. [12]

VYUŽITÍ VODÍKU PRO POHON AUTOMOBILŮ

Vodík je v automobilech možno používat v palivových článcích, nebo jako přímé palivo pro spalovací motor. Velkou výhodou zde může být možnost spalování velmi chudých směsí při částečných zatíženích motoru. Ze škodlivých emisí se ve výfukových plynech vyskytují pouze oxidy dusíku, jejichž množství lze zmírnit recirkulací spalin. [12]

Tab. 9 Srovnání charakteristických vlastností vodíku s uhlovodíkovými palivy [9]

PARAMETR		Benzín	Nafta	Vodík (kapalný)
měrná hmotnost	kg.dm ⁻³	0.73	0.86	0.071
bod varu	°C	38 ÷ 204	160 ÷ 343	-253
spodní výhřevnost	MJ.kg ⁻¹	44.9	43.0	120
spodní výhřevnost	MJ.m ⁻³	32700	36800	8520
stechiometrický poměr	kg.kg ⁻¹	14.8	14.5	34.6
zápalná teplota	°C	257	210	574
rychlost hoření	m.s ⁻¹	0.34	0.34	2.7

Krom vysokých cen, které s sebou nese malosériová výroba, je hlavní překážkou bránící rozšíření automobilů s vodíkovým pohonem nedostatečná infrastruktura nejen v ČR, ale prozatím i ve světě.

První veřejná plnicí vodíková stanice, která umožňuje čerpání nejen stlačeného, ale i kapalného vodíku, byla otevřena 5. 5. 1999 na letišti Franze Josefa Strausse v Mnichově. Tento projekt zahrnoval kompletní technologický řetězec od výroby vodíku elektrolýzou přes jeho uskladnění, automatické plnění až po využití v osobních automobilech a letištních autobusech. V Německu se v roce 2016 nacházelo 34 plnicích vodíkových stanic s plánem navýšit toto číslo do roku 2023 na 400. Plnicí vodíkové stanice přibývají také v západní Evropě a Skandinávii. [12] [17] [18]

První vodíková čerpací stanice v České Republice byla vybudována v Neratovicích v roce 2009 pro hybridní autobus na vodíkový pohon, který jezdí mezi Prahou a Mělníkem. Má nadzemní zásobník o velikosti 50 m³ a počítá s roční spotřebou 7200 m³, což odpovídá cca šesti tunám vodíku. Do roku 2023 se v ČR počítá s výstavbou šesti až osmi plnicích vodíkových stanic. [12] [17]



Obr. 18 Vodíkový automobil Toyota Mirai [19]

3 SITUACE VE SPOLEČNOSTI

3.1 HISTORIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Automobilová doprava se začala rozvíjet ve 20. letech minulého století. Zpočátku byl automobil fenomén, u kterého se emise vůbec neřešily, obtěžoval spíše hluk plašící koňské povozy a zvýšená prašnost. Až v 60. letech dvacátého století s nárůstem počtu automobilů začíná být dáván zřetel na produkci oxidu uhličitého v souvislosti s rostoucí spotřebu fosilních paliv, o dalších aspektech škodlivosti emisí se zatím nehovoří.

První zemí světa, která začala legislativně řešit vzrůstající emise jako důsledek rozvinuté automobilové dopravy, byly v 70. letech USA. Regiony zatížené silným automobilovým provozem vykazovaly rostoucí zdravotní potíže obyvatel a následná legislativní opatření donutila výrobce a konstruktéry jít cestou snižování emisí.

Obecně vykazuje automobilová doprava z hlediska ekologické zátěže zejména vysokou spotřebu neobnovitelného fosilního paliva, parcelaci krajiny zapříčiněnou rozvojem dopravní infrastruktury, znečištění vody a půdy především v případě havárií, hluk a vibrace v okolí silnic. Samostatnou kapitolou jsou emise oxidu uhličitého, který se jako jeden z významných skleníkových plynů podílí na globální změně klimatu. Dalšími znečišťujícími látkami pocházejícími ze silniční dopravy jsou emise oxidu uhelnatého, oxidu dusíku, oxidu siřičitého, těkavých organických látek, ozónu a významný je také podíl pevných částic.

Laická veřejnost v České republice vnímá jako největší problém růst emisí oxidu uhličitého, stagnující množství emisí oxidu dusíku a těkavých organických látek a hluk. Nejedná se pouze o hluk v okolí dálnic a rychlostních silnic, uvádí se, že přes budování protihlukových stěn asi polovina obyvatel velkých měst trpí nadměrným hlukem z dopravy (v menších sídlech je to asi třetina obyvatel).

V počátcích ekologického smýšlení se řešila spíše spotřeba paliva spalovacích motorů. Vlivem výzkumu a vývoje nových technologií, inovací konstrukcí spalovacích motorů i jejich vstřikovacích a výfukových systémů se podařilo snížit emise o 90 % - posuzováno v kontextu stupňů norem EURO 1 až EURO 6. Spotřeba paliva poklesla v posledních letech asi o dva litry na sto kilometrů, přestože hmotnost nově vyvíjených zejména osobních automobilů se zvyšuje. [11]

Se zdokonalováním konstrukce konvenčních spalovacích motorů a jejich výfukových systémů sice stále klesají emise, ale nadměrná produkce oxidu uhličitého a vysoká spotřeba fosilních paliv vedou na rostoucím trhu s automobily ke dvěma způsobům snižování emisí u vznětových motorů. Aktivní způsob snižování emisí upravuje hoření směsi tak, aby spalovací motor produkoval co nejmenší množství škodlivých látek. Způsob pasivního snižování emisí vznětových motorů je realizován úpravou výfukových plynů ve výfukovém potrubí, cíl obou metod je totožný. Pro snížení emisí jsou vyvíjena biopaliva, která obsahují příměsi z biomasy a biologického odpadu, v ČR nejdiskutovanější je metylester řepkového oleje.

Mezi první alternativní paliva patří zejména CNG, LPG a vodík, všechna jsou postupně zastíněna využitím hybridních pohonů nebo plně elektrickými automobily. V mnoha zemích s hustým automobilovým provozem dochází k legislativnímu zvýhodnění automobilů s hybridními nebo čistě elektrickými pohonnými jednotkami, průkopníky byly zejména automobilky Toyota s modelem Prius, Chevrolet a jeho model Volt, Ford, Nissan, Renault a

další. Postupně vzniká nová skupina automobilů ZEV (Zero Emission Vehicle) poháněných zejména elektřinou a další hybridní automobily produkující méně emisí než moderní spalovací motory.

Před několika málo lety bylo možné vývoj elektromobilů stručně a výstižně popsat Tesla a ti další, dnes se situace zcela otočila a jen málo automobilek se naplno nevěnuje rozvoji elektromobility. Zda je to cesta správným směrem a jaké budou její důsledky, to jsou témata, o kterých se v současnosti veřejně hovoří mnohem více v souvislosti s rostoucí cenou elektromobilu než v kontextu celkové ekologické zátěže.

3.2 ZPŘÍŠŇOVÁNÍ PODMÍNEK PRO AUTOMOBILOVOU DOPRAVU

3.2.1 PRVNÍ EMISNÍ LIMITY

„Omezování škodlivých emisí výfukových plynů osobních vozidel bylo povinně zavedeno poprvé v roce 1968 v USA ve státě Kalifornie. Dnes existují v mnoha zemích předepsané testy emisí, které zajišťují, že nebudou překračovány stanovené hodnoty.“ František Vlk [20]

První popis reálné smogové situace v Kalifornii pochází z roku 1942, ale objasnit příčinu tohoto jevu se podařilo až o deset let později v roce 1952. Postupně bylo objeveno, že emise spalovacích motorů, zejména oxidy dusíku a uhlovodíky, mají spolu s působením ultrafialového záření ve slunečním světle vliv na vznik smogové situace, neboť vzniká fotochemická reakce. Do této doby nebyla vyvinuta žádná vhodná měřicí technika a emisím, které byly způsobovány provozem spalovacích motorů, nebyla věnována pozornost. V praxi byl pouze potlačován nepříjemný odér spalin přidáváním vonných esencí do výfukové soustavy automobilu.

Norma regulující emise v Kalifornii byla sestavena v roce 1966 a následně v roce 1968 vstoupila v platnost v situaci, kdy v tehdejší Kalifornii přibližně na dva obyvatele připadal jeden automobil. Přestože se jedná o počátek regulace emisí, v porovnání s dnešními emisními limity vyznívá první norma jako velmi benevolentní (CO 30× vyšší oproti dnešním hodnotám, HC více než 20× vyšší a NOX více než 5× vyšší).

3.2.2 SITUACE V USA

Další zpřísnění první emisní normy z roku 1968 v Kalifornii nastalo v roce 1975 zavedením dvoucestných katalyzátorů a následně roku 1978 trojcestných katalyzátorů. Kalifornie si zachovala vůdčí postavení v zavádění emisních norem, a tak státy se špatnou kvalitou ovzduší začaly zavádět normy a předpisy po vzoru Kalifornie.

Jako měřicí zkouška se používala zkouška EPA založená na testu City a Highway simulující při měření jízdu ve městě a na dálnici. Dále je potřeba uvést emisní normu LEV, mimo Kalifornii označovanou Tier 1, která byla vypracována během let 1990–1991 a v platnost vstoupila v roce 1994. Byla aplikována do roku 2003, kdy ji nahradila norma LEV II.

LEV II byla přijata roku 1998, byla aplikována na vozidla modelových let 2004 až 2010, pro účely výrobců vozidel lze normu LEV II aplikovat až do roku 2019. Následná norma LEV III byla přijata roku 2012 a do praxe je uvedena pro modelové roky 2015–2025. [21]

3.2.3 SITUACE V EVROPĚ A PŘEDPISY EVROPSKÉ UNIE

EURO 1

Prvním legislativním krokem použitým v Evropě k omezení vlivu škodlivých emisí motorů byl předpis EHK (ECE) 15 vydaný v roce 1971. Emisní limity byly stanoveny na základě tzv. městského jízdního cyklu, postupně byly zpřísnovány až do přijetí předpisu EHK 15.04, který nabyl platnosti roku 1982. Norma přijatá na základě tohoto předpisu EHK je podle některých zdrojů označována jako norma EURO1 0, respektive výchozí norma pro vydání normy EURO 1, jež zahrnovala další zpřísnění limitů zavedením nutnosti používat katalyzátor. Norma EURO 1 je v Evropě platná od roku 1992.

EURO 2

Dále následovalo v roce 1996 zavedení normy EURO 2, jež upravuje mezní hodnoty oxidu uhličitého ve výfukových plynech a upřesňuje limitní hodnoty pro uhlovodíky a oxidy dusíku. V normě je posuzována rovněž jakost paliva z hlediska obsahu nebezpečných látek např. benzenu. Rovněž byly zdokonaleny zkušební metody studený start či startování za nízkých nebo zimních teplot, byla definována trvanlivost protiemisních zařízení a specifikovány emise způsobené vypařováním.

EURO 3

Ve státech Evropské Unie platí od roku 2000 norma EURO 3 označována též jako předpis 98/69EG – A. a od 1. 4. 2001 jako předpis EHK 83.05 platila i v České Republice. Tato norma nařizuje oddělené vyhodnocování emisí oxidů dusíku a nespálených uhlovodíků, které byly dříve vyhodnocovány společně. Změnila se též část směrnice týkající se uspořádání jízdního cyklu, je vztažena na emise z výfuku při běžné a nízké teplotě okolí. Nově je definována životnost zařízení proti znečišťujícím látkám a jsou specifikovány palubní diagnostické systémy (OBD) pro motorová vozidla vybavená zážehovým motorem.

U vozidel se v závislosti na druhu motoru nařizovalo dle předpisu EHK 83 provádění těchto zkoušek:

Typ I – ověření průměrných emisí z výfuku po startu za studena

Typ II – emise oxidu uhelnatého při volnoběhu

Typ III – emise plynů z klikové skříně

Typ IV – emise výparu

Typ V – životnost zařízení k regulaci znečišťování

Typ VI – ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízkých teplot po startu za studena

Zkouška OBD

Všechny zkoušky obsahují nařízení o provedení při přesně definovaných zkušebních podmínkách, kterými v závislosti na typu absolvované zkoušky mohou být zejména např: teplota t [°C] (např. okolí, motoru, paliva ...), tlak p [Pa], vlhkost H [g H₂O/ kg s.vz.], schválené zkušební palivo, předepsaný jízdní režim a další.

EURO 4

Norma EURO 4 vstupuje v platnost od počátku roku 2005 dle předpisu EHK 98/69/EG – B. Motory splňující tuto normu musí být vybaveny dvěma katalyzátory a dvěma sondami lambda a dále musí disponovat autonomní palubní diagnostikou všech řídicích funkcí EOBD. První katalyzátor sloužící ke snižování emisí při studeném startu motoru musí být umístěn

bezprostředně za vývodem výfukového potrubí z motoru, aby došlo k jeho rychlému zahřátí na pracovní teplotu. Funkce druhého katalyzátoru zůstává totožná jako u vozů s jedním katalyzátorem. První lambda sonda s řídicí funkcí je umístěna před vstupem do katalyzátorů, druhá lambda sonda určená ke kontrole funkce obou katalyzátorů je součástí systému EOBD a je umístěna za oběma katalyzátory.

EURO 5

Od 1. 9. 2009 nabyla účinnosti norma EURO 5 zacílená především na vznětové motory. Jejím cílem bylo více přiblížit limity emisí zážehových a vznětových motorů. Norma EURO 5 byla jedním z významných opatření směřujících k omezení emisí látek podporujících vznik ozonu, jedná se zejména o oxidy dusíku, uhlovodíky a pevné částice. Euro 5 omezila emise oxidu dusíku na 60 mg pro zážehové a na 180 mg pro vznětové motory. Hmotnost částic (PM) v porovnání s hodnotami definovanými normou Euro 4 poklesla o celých 80 % na 5 mg. Limity emisí uhlovodíků pro zážehové motory nesmí překročit hodnotu 100 mg, limity emisí uhlovodíků a oxidů dusíku pro vznětové motory měly hodnotu 230 mg. EURO 5 rovněž aplikovala legislativní změny zacílené na nové emisní měřicí metody pro měření pevných částic, upravila omezení obsahu pevných částic a upřesnila rozdíly mezi výsledky získanými použitím starých a nových měřicích metod.

EURO 6

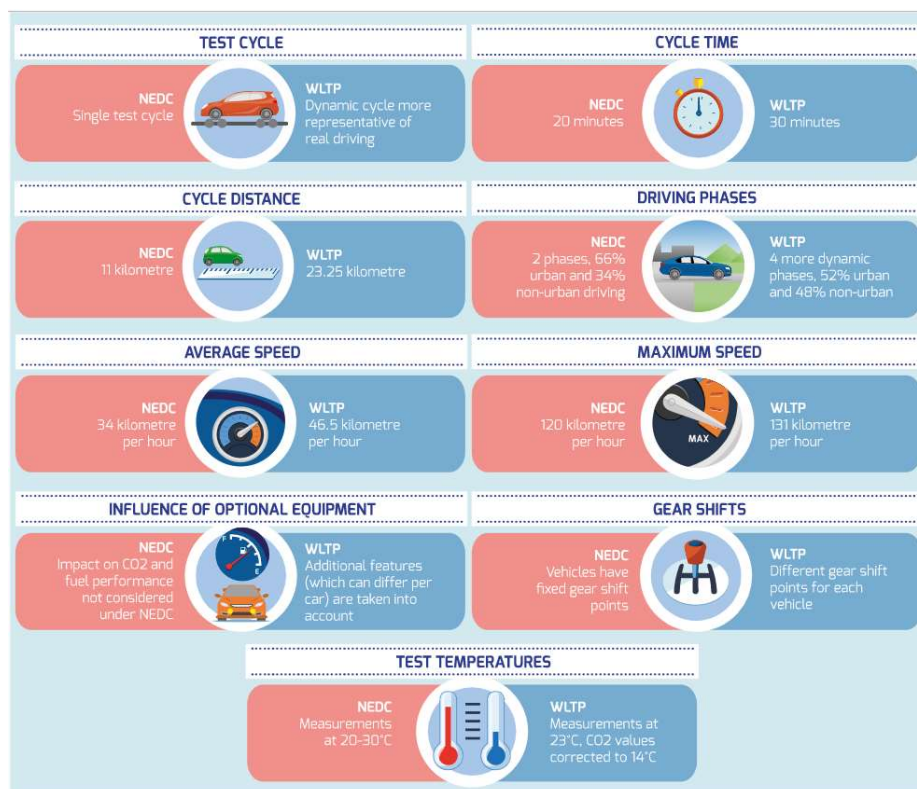
Norma EURO 6 vstoupila v platnost 1. 9. 2015, je zaměřena na kvalitu spalování a tím i výrazné snížení emisí oxidů dusíku a pevných částic. V porovnání s EURO 5 se jedná o významné poklesy limitů oxidů dusíku ze 180 mg/km na 80 mg/km pro vznětové motory a na 60 mg/km pro zážehové motory, trend maximálního přiblížení emisních limitů zážehových a vznětových motorů zůstává zachován.

Proto vozidla do cca 1700 kg hmotnosti budou muset být vybavena tzv. zásobníkovým katalyzátorem Nox. Nejefektivnější technologií současnosti pro razantní snížení emisí oxidů dusíku představuje selektivní katalytická redukce (SCR) v kombinaci s aditivem AdBlue vyvinutým společností GreenChem. Především těžké nákladní automobily musí být vybaveny systémy s aktivním vstřikováním močoviny do výfuku vozidla, čímž dojde k reakci na principu přidávání činidla redukujícího oxid dusnatý ve výfukových plynech a tím k omezení množství škodlivin v emisích. Nařízená životnost zařízení pro snižování emisí je 160 000 km, po 5 letech nebo po absolvování 100 000 km je nutná revize na stanici technické kontroly (STK), což významně zvyšuje finanční náklady na pořízení a provoz vozidel.

Všechny výše popsané normy EURO akceptovaly zkoušky probíhající podle tzv. nového evropského jízdního cyklu (NEDC), který byl vyvinut roku 1973. Jedná se o sérii zkoušek založených na zrychlování a zpomalování motorů ve zkušebních podmínkách, v každé z fází se měří emise znečišťujících látek sloužící ke stanovení průměrné úrovně emisí. Současné výzkumy však dokazují, že výsledky získané touto metodou nepříliš přesně vystihují skutečný obsah vypouštěných emisí.

Od září 2017 je proto NEDC zkouška nahrazena mezinárodně uznávanou zkušební procedurou pro lehká osobní a užitková vozidla, označovanou jako celosvětově harmonizované zkušební postupy pro lehká vozidla (WLTP). Nová podoba zkoušek bere v úvahu reálné podmínky provozu, jeho vyšší rychlosti, dynamičtější styl jízdy či realističtější střídání zrychlování a zpomalování vozidla. Jsou rovněž stanoveny přísnější podmínky měření, které lépe odrážejí reálný provoz, vozidlo je při 90 až 120 minut trvajících testovacích měřeních vybaveno měřicím

zařízením PEMS (Portable Emission Measurement System). pro měření množství emisí NO_x , CO, CO_2 a pevných částic ve výfukových plynech. Venkovní teplota při testovacím měření musí odpovídat rozmezí od -7°C do $+35^\circ\text{C}$, klimatizační soustava vozu může být zapnutá.



Obr. 19 Porovnání NEDC a WLTP testu [22]

Navzdory všem popsáním opatřením však situace napodobující reálný provoz není totožná se skutečným provozem ovlivněným zejména místními podmínkami a stylem řízení vozidla. Proto budou laboratorní zkoušky doplněny novým postupem měřícím emise v reálném provozu. Evropa je prvním regionem na světě, který takové silniční zkoušky bere v úvahu. Řidičům v Evropě nezbyvá než věřit, že nízké emise propagované výrobcem nepozbydou v reálných podmínkách svou platnost.

V souvislosti s finančními nároky těchto opatření se pak automobily s hybridním pohonem, plug-in hybridy nebo automobily na vodík stanou stále běžnějším dopravním prostředkem. Předpovědi a analýzy naznačují, že zavedení normy EURO 6 nebude mít významný dopad na emise CO_2 nebo na prodej dieselových automobilů.

Tab. 10 Porovnání emisních limitů EURO pro zážehové a vznětové motory [23]

Rok/norma		CO [g/km]		NO _x [g/km]		HC + NO _x [g/km]		HC [g/km]	PČ [g/km]
1992	I	3,16	3,16	–	–	1,13	1,13	–	0,18
1996	II	2,20	1,00	–	–	0,50	0,70*	–	0,08**
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	–	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	–	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	–	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	–	0,17	0,10	0,005

BENZÍNOVÉ MOTORY, NAFTOVÉ MOTORY

* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva

** 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva

3.2.4 JAPONSKÉ EMISNÍ PŘEDPISY

V Japonsku bylo zavedeno povinné používání katalyzátorů výfukových plynů v roce 1978, právní předpisy s tím související přibližně odpovídaly předpisům vydávaným v Evropě a v USA v tomtéž období.

K velmi razantnímu zpřísnění emisních limitů Japonsko přistoupilo až v roce 2002, změna bývá označována jako přechod na standard 2000. Nově definované limity začaly platit nejdříve pro modelové řady vozidel se zážehovými motory a od roku 2004 také pro vozidla vybavená vznětovými motory.

K dalšímu zpřísnění emisních limitů v Japonsku došlo v letech 2007 a 2009, současné japonské předpisy požadují kontroly zařízení pro snižování emisí u motorových vozidel po 80 000 km, kontroly jsou součástí homologačních zkoušek vozidel. Pro Tokio, Osaku a další města jsou pro emisní limity přísnější hodnoty než v ostatních částech země. [24]

3.3 ROZDÍLNÝ PŘÍSTUP KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ VE SVĚTĚ

Ostatní země světa aplikují zcela přijaté emisní normy evropské, americké nebo japonské, případně v některých z těchto norem zavádějí národní úpravy. Ne všechny země však mají normy pro emisní limity již zavedeny, případně již zavedli platné předpisy s velmi omezenou účinností. Tato situace se týká zejména Číny, Brazílie a Saudské Arábie.

V Číně jsou moderní emisní předpisy převzaty z Evropy, ale zavedeny zatím byly pouze v Šanghaji, Pekingu a Kantonu, nyní je aplikován předpis China 5. V naprosté většině země platí limitní hodnoty neporovnatelné se současnými hodnotami v Evropě, USA nebo Japonsku, časté smogové situace neutěšenou situaci dokládají. Čínský premiér Li Kche-čchiang vyhlásil zlepšení kvality ovzduší jako prioritu již v roce 2014 kvůli hrozbě sociálních nepokojů, marginálního zlepšení již bylo dosaženo díky zpomalování ekonomiky a plnění velice měkkých limitů. Čínští politici si jsou vědomi, že dosažení běžných standardů kvality ovzduší

doporučovaných WHO bude možné dosáhnout jen díky většímu úsilí a rostoucím investicím. [25]

Emisní limity rozlišující zážehové a vznětové motory vstoupily v Indii v platnost roku 1989. V roce 2000 Indie přejala první evropské normy, které byly mimo jiné upraveny pro potřeby dvou a tříkolých vozidel, v současnosti platí norma Bharat Stage III vycházející z EURO 3. Bharat Stage IV vycházející z EURO 4 je platná v oblasti Dillí a ve městech Ágra, Ahmadábád, Bombaj, Bengalúru, Čennaj, Hajdarábád, Kalkata, Kánpur, Lacknau, Puné, Secuderabad, Solapur a Surat. Homologační cyklus NEDC pracuje s nižšími rychlostmi a limity jsou obecně benevolentnější než v Evropě nebo v USA. [26]

Brazílie čerpá z emisních předpisů platných v USA, má své vlastní národní úpravy, ale mnohé limitní hodnoty emisí vozidel se vznětovým motorem doposud nereguluje.

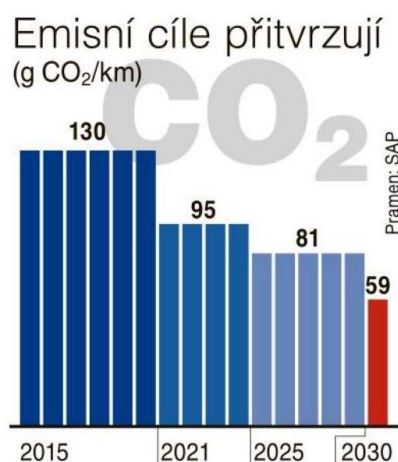
Ruská federace přejala normy EURO s minimem vlastních úprav, jejich zavádění je v současnosti oproti EU zpožděno o takřka 10 let. První snahy o zavedení emisních limitů v roce 1999 se zcela minuly účinkem, protože scházel kontrolní mechanismus. V roce 2006 vstoupila v platnost emisní norma Euro 2, která je státem kontrolována a výrobci i importéry akceptována. [27]

Austrálie a Nový Zéland přejímají emisní normy EURO včetně evropského datového rámce.

3.4 POHLED LAICKÉ VEŘEJNOSTI NA PROBLEMATIKU

Laická veřejnost vnímá dopravu jako nedílnou součást dnešního života, je si vědoma i toho, že se zvyšujícím se počtem automobilů a intenzitou provozu dochází především v městských aglomeracích k růstu znečištění ovzduší emisemi spalovacích motorů. V současnosti často diskutována velice aktuální otázka globálního oteplování a podílu vlivu člověka na jeho příčině. Ke globálnímu oteplování dochází vlivem tvorby skleníkových plynů, jež v nemalé míře vznikají zejména spalováním fosilních paliv.

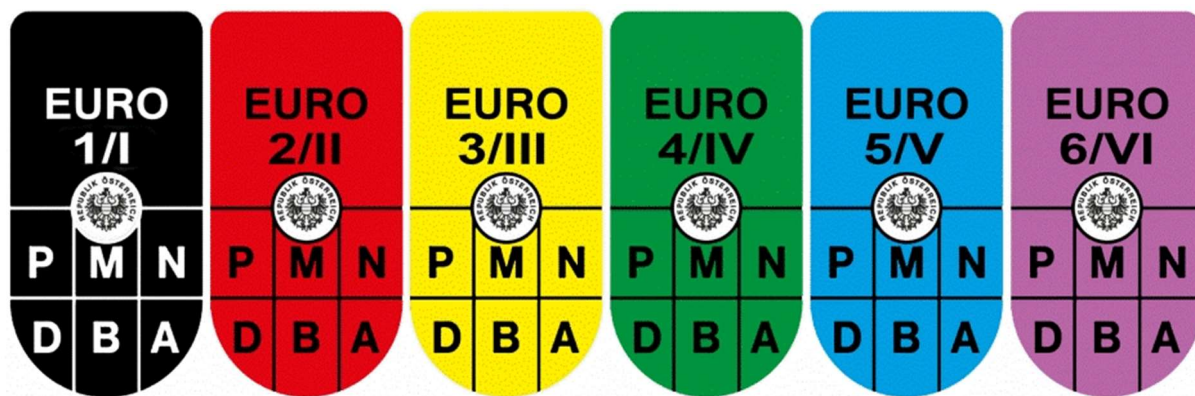
Veřejnost vnímá potřebu snižování emisí velice citlivě, protože snižování emisí má i své málo populární restriktivní aspekty v podobě nízkoemisních zón, poplatků za registraci vozidel nesplňujících současné standardy, povinnost přiměsí bio složek do fosilních paliv, vyšší pořizovací ceny hybridních automobilů, obavy z blackoutu v zájmu elektromobility.



Obr. 20 Graf vývoje emisních limitů [28]

3.4.1 NÍZKOEMISNÍ ZÓNY

Nízkoemisní zóny (LEZ – Low Emission Zone) jsou oblasti v obcích, do kterých mají omezen vjezd vybrané emisní kategorie silničních vozidel. Vyhlášení zón pomáhá ke snížení znečištění ovzduší v lokalitách, kde jsou lidé škodlivinami v ovzduší pocházejícími z dopravy nejvíce ohroženi. LEZ již byly zavedeny nebo jsou ve stadiu přípravy v několika desítkách městských aglomerací převážně v Německu, Švédsku, Dánsku, Nizozemí, Velké Británii či Japonsku.



Obr. 21 Rakouské ekologické plakety pro motorová vozidla [29]

ZAVÁDĚNÍ NÍZKOEMISNÍCH ZÓN V ČR

Podmínky pro zavedení stanovuje zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., nízkoemisní zóny lze vyhlášovat na území obce nebo její části. Současně platí, že musí existovat objízdná trasa vedoucí po komunikaci stejné nebo vyšší třídy, která se nachází mimo zónu a zároveň nevede přes zastavěné území této nebo sousední obce.

Rada obce smí vyhlásit na svém území nízkoemisní zónu formou opatření obecné povahy, ve kterém jsou specifikovány kategorie silničních vozidel s omezeným vjezdem a vozidla mající případnou výjimku z tohoto omezení. Dále rada obce určuje, zda může dojít ke zpřísnění režimu v případě vyhlášení smogové situace. Vznik nízkoemisních zón již plánují realizovat či realizují tyto obce: Praha, Karlovy Vary, Brno, Ostrava, Tábor, Klimkovice a další.



Obr. 22 Mapa nízkoemisních zón v Praze [30]

3.4.2 EKOLOGICKÁ DAŇ PŘI PŘIHLÁŠENÍ VOZIDLA

Novela zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, klade povinnost platit ekologickou daň při první registraci čtyřkolového motorového vozidla do 3,5t (kategorie M1 a N1). Účinnost nabyla od roku 2009 a zpoplatňuje jak individuální dovoz vozidla ze zahraničí, tak i změnu vlastníka v rámci ČR. Vždy je zpoplatněna jen jedenkrát, při dalších změnách majitele se již nehradí a nevztahuje na motocykly, vozidla nad 3,5t a oficiální veterány.

Tab. 11 Ekologická daň při registraci vozidla [31]

Výše poplatku	Emise vozidla
10 000 Kč	nesplnění emisních norem
5 000 Kč	EURO 1
3 000 Kč	EURO 2
0 Kč	EURO 3 a více

3.4.3 HYBRIDNÍ AUTOMOBILY A ELEKTROMOBILITA

„Zákazníky naše cíle vůbec nezajímají. Elektrovozy si koupí pouze tehdy, pokud budou mít dlouhý dojezd, krátkou dobu nabíjení a dostupnou cenu.“

Bernhard Maier, předseda představenstva Škoda Auto, 20. 3. 2019 [28]

Odborníci odhadují, že po roce 2025 bude provoz elektromobilů s bateriemi ekonomičtější či srovnatelný s auty vybavenými spalovacími motory a že elektromobily auta se spalovacími motory nahradí. Realita je v současnosti zcela jiná, prodejní úspěchy zatím zažívají jen země, kde na jejich pořízení poskytují státní finanční podporu

Francie přispívá 6000 €, další až 4000 € přidává při sešrotování starého vozu a podíl nově registrovaných elektromobilů podle Sdružení automobilového průmyslu Auto SAP vloni činil 1,4%. V Rakousku zaznamenali vloni 2 % podíl nově přihlášených elektromobilů, jejich prodej rovněž podporují tak, že majitelé elektromobilů si mohou odečíst DPH a neplatí některé daně. Naproti tomu v Norsku třetinu nových vozidel tvoří elektromobily, kterým kromě výrazných dotací na pořízení pomáhá i připravovaný úplný zákaz prodeje aut se spalovacími motory, jež je v zemi plánován za šest let.

Porovnejme výše uvedené se situací v České Republice, kde bylo v loňském roce registrováno 703 elektrovozidel, která zaujímají 0,3 % podíl v registracích nových aut, v ČR je podpora elektromobility v podobě platby nulové silniční daně. Registrace na Slovensku vykazují stejný podíl, Slovensko pořízení bateriových elektromobilů nebo plug-in hybridů dotovalo 3000 € - 5000 €. Slovem předsedy představenstva automobilky Škoda není těžké v kontextu zmíněných realizovaných prodejů uvěřit zejména v situaci, kdy automobilka Škoda na ženevském autosalonu představila elektrický model Škoda Vision iV. Elektromobil velikosti Octavie postavený na platformě MEB slibuje dojezd na jedno nabití až 500 km a jeho cenovka by měla

začínat nad hranicí 800 000 Kč, což je částka srovnatelná s elektrickou verzí Volkswagenu Golf, ale převyšuje základní cenu klasického modelu Superb.

Premiér Andrej Babiš se netají názorem, že Česko se ke zpřísnování ekologických limitů staví pozitivně, ale obává se dopadu na zaměstnanost v automobilovém průmyslu, který přímo zaměstnává 170 tisíc pracovníků a vytváří dalších 400 tisíc pracovních míst v navazujícím podnikání. Tato obava je dále umocněna faktem, že Evropa produkuje 9,2 % celkových světových emisí, zatímco Čína s podílem 25% či USA s 16 % nejsou v řešení své situace ani zdaleka tak angažovány.

I přes problémy s infrastrukturou česká vláda plánuje do roku 2023 vytvořit síť 800 dobíjecích stanic, z toho minimálně 500 bude připadat na rychlodobíjecí zařízení. Plánovaný počet je stále hluboko pod odhadovanou potřebou a fakt, že nikdo nedovede odhadnout tempo rozvoje elektromobility, klade před distributory energie nejednu závažnou otázku. Viděno očima řadového spotřebitele je jeho investice do elektromobility v současné době ve velké míře otázkou dostupnosti prostředků i infrastruktury a ekologický aspekt je sice důležitý, ale ne prvořadý. [28]

3.4.4 POHLED SPOTŘEBITELE NA BIOADITIVA A BIOPALIVA

Biopaliva jsou ekologická paliva pro spalovací motory, která se vyrábějí z metylesterů nenasycených mastných kyselin rostlinného původu. V Evropě se nejčastěji jedná o řepku, v USA se používají sojové boby, v Malajsii palmový olej. V EU je povinně přidáváno do nafty 5 % takto vyrobeného biopaliva, od roku 2020 je plánováno navýšit podíl biosložky na 10 %. Na trhu je běžně k dostání směsná motorová nafta, ale není spotřebiteli příliš upřednostňována.

V ČR není použití bioetanolu ani bioplynu jako paliva pro spalovací motory rozšířené, ale jejich výroba z biomasy a následné použití ve spalovacích motorech je běžnější např. ve Skandinávii, v Německu nebo v Brazílii. V ČR je bioplyn využíván zejména pro vytápění. [12]

3.5 OČEKÁVANÝ VÝVOJ V OSOBNÍ AUTOMOBILOVÉ DOPRAVĚ

EURO 7

Od roku 2020, kdy má vstoupit v platnost norma Euro 7, bude emisní limit na hodnotě 95 g CO₂ na kilometr, což znamená rozvoj alternativních pohonů a další omezení pro naftové i benzínové automobily, neboť uváděný limit je velice přísný.

“Pro představu: vznětový motor by pro jeho splnění musel mít spotřebu 3,54 litrů nafty a zážehový 4,06 litrů benzínu na 100 km. To bude nutit automobilky vyvíjet technologie vedoucí k výrazně nižší spotřebě motorů, které však budou mnohem komplikovanější, nákladnější a vzhledem k nárůstu koncové ceny automobilu nebo servisních nákladů se mohou snadno stát pro řadu uživatelů nedostupné.”

Tomáš Kadeřábek, Arval [32]

ZÁVĚR

Když se ve druhé polovině minulého století začaly státy ve větší míře zabývat ochranou životního prostředí a ekologií automobilové dopravy, zasely podnět pro vývoj automobilu s čistým, planetu nezatěžujícím a ideálně i ekonomicky dostupným pohonem. Dnes, o několik desetiletí později, zažíváme rozvoj alternativ k automobilu se spalovacím motorem.

Ačkoliv se pod vlivem snižování emisí od automobilek očekává postupný odklon od tohoto typu pohonu, dopředný vývoj v této oblasti se prozatím nezastavil. Nově vyráběné motory využívají moderních technologií zajišťujících stále lepší efektivitu využití paliva a menší dopad na životní prostředí, ať už se jedná o snižování obsahu a přepřínování motorů, technologii turbodmychadel využívající energii výfukových plynů anebo filtry pevných částic snižující množství škodlivin vypouštěné do ovzduší. Velký potenciál má také hybridní technologie kombinující nejlepší vlastnosti spalovacího motoru s elektrickým pohonem.

Jako alternativa ke spalovacím motorům je dnes upřednostňována a vyzdvihována elektrická energie, je ovšem třeba vyřešit ekologii a obnovitelnost zdrojů, ze kterých tato energie pochází. Blízká budoucnost elektromobilů bude do značné míry záviset na nalezení těchto zdrojů a pak na vybudování funkční infrastruktury pro elektromobilitu. V laboratorních podmínkách již tato zařízení existují, je však otázkou, zda se prosadí v reálném provozu.

Další známá alternativní koncepce pohonu pracuje se stlačeným nebo zkapalněným vodíkem, který je možno využít jako palivo spalovacího motoru. Tato technologie prozatím není nijak rozšířená, avšak evropské státy už podnikají první kroky v budování infrastruktury pro vodíkem poháněné automobily. Vodík je možné využít také v palivovém článku pro výrobu elektrického proudu pro pohon elektromobilu. V současnosti je tomuto řešení nakloněno velké množství odborníků a elektromobilita v jeho světle získává reálnější budoucnost.

Přestože je dnes na trhu množství alternativ ke spalovacím motorům, ještě nějakou dobu potrvá, než budou dostupné a atraktivní pro většinu koncových spotřebitelů. Vzhledem k životnosti dnes vyráběných vozidel se není třeba bát, že v nejbližších letech z našich cest zmizí spalovacími motory poháněné automobily nadobro.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] REMEK, Branko. *Automobil a spalovací motor: historický vývoj*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3538-2.
- [2] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [3] Stevensonova lokomotiva Rocket, 1829, *Facts About* [online]. [cit. 2019-5-13]. Dostupné z: <http://www.facts-about.org.uk/famous-people-facts-starting-with-g/george-stephenson.htm>
- [4] Schéma Ottova motoru, *Old Machine Press* [online]. [cit. 2019-5-13]. Dostupné z: <https://oldmachinepress.com/2018/01/20/otto-langen-atmospheric-engine/>
- [5] Automobil Tatra Präsident, 1898, *Národní technické muzeum* [online]. [cit. 2019-5-13]. Dostupné z: http://www.ntm.cz/exponat/automobil_prasident
- [6] Schéma dvojtaktního dieselového motoru, firma Fairbanks – Morse, 1924, *Diesel Engine*, Wikipedia [online]. [cit. 2019-5-13]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_engine#/media/File:Fairbanks_Morse_model_32.jpg
- [7] MACEK, Jan. *Spalovací motory*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05015-6.
- [8] MATĚJOVSKÝ, Vladimír. *Automobilová paliva*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0350-5.
- [9] RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory*. Skripta Vysoké učení technické v Brně, 2005. [online]. [cit. 2019-5-15]. Dostupné z: <http://www.iae.fme.vutbr.cz/userfiles/ramik/files/Spalovaci%20motory%202005.pdf>
- [10] Výhled do budoucnosti. *petroleum.cz* [online]. [cit. 2019-5-15]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/ropa/vyskyt-ropy-budoucnost.aspx>
- [11] FRYBERT, Jan. *Alternativní pohony*. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, [2015]. ISBN 978-80-260-7548-6.
- [12] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [13] Toyota Prius. *toyota.cz*. [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: https://www.toyota.cz/new-cars/prius-https://www.toyota.cz/new-cars/prius-plugin/index.json?gclid=CjwKCAjw5pPnBRBJEiwAULZKvhh-dEd2bu9NP1Qn1Yo_qZRSM_JRMyhN4w20k0lO8H8wTpO1a_zzrhoCvIEQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds#&gclsrc=aw.ds#/box-ajax/url=%2Fnew-cars%2Fprius-plugin%2Febrochure.json/size=fullscreen

- [14] Průběh točivého momentu a výkonu u vozu Tesla S. *aston-martin-club.com*. [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: <http://cs.aston-martin-club.com/clanek/vykon-versus-tocivy-moment-327>
- [15] Encyklopedie Tesly: Tesla Roadster. *elonx.cz* [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: <https://www.elonx.cz/encyklopedie-tesly-tesla-roadster/>
- [16] Studie nové Tesly Roadster pro rok 2020. *tesla.com*. [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: <https://www.tesla.com/roadster>
- [17] Česko bude mít první pumpy na vodík, palivo ale nikdo nevyužívá. *lidovky.cz* [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: https://www.lidovky.cz/byznys/auto/cesko-bude-mit-prvni-pumpy-na-vodik-palivo-ale-nikdo-nevyuziva.A180309_141435_ln-auto_pkk
- [18] Česko chystá investice do vodíkové dopravy, chce mít pět vodíkových stanic. *hybrid.cz*. [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/cesko-chysta-investice-do-vodikove-dopravy-chce-mit-pet-vodikovych-stanic>
- [19] Vodíkový automobil Toyota Mirai. *toyota.com.cy*. [online]. [cit. 2019-5-22]. Dostupné z: <https://www.toyota.com.cy/new-cars/new-mirai/meet-mirai#1>
- [20] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Mokrohorská 34, 2003. 791 s. ISBN 80-238-9681-4
- [21] United States: Cars and Light-Duty Trucks: California. *dieselnet.com*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/standards/us/ld_ca.php
- [22] Porovnání NEDC a WLTP testu. *wltpfacts.eu*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://wltpfacts.eu/from-nedc-to-wltp-change/>
- [23] Porovnání emisních limitů EURO pro zážehové a vznětové motory. *autolexicon.de* [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [24] Regions: Japan. *transportpolicy.net* [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://www.transportpolicy.net/region/asia/japan/>
- [25] Regions: China: Light-duty: Emissions. *transportpolicy.net* [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z <https://www.transportpolicy.net/standard/china-light-duty-emissions/>.
- [26] Regions: India: Light-duty: Emissions. *transportpolicy.net* [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://www.transportpolicy.net/standard/india-light-duty-emissions/>
- [27] Regions: Russia: Light-duty: Emissions. *transportpolicy.net* [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://www.transportpolicy.net/region/europe/russia/>.
- [28] Emisní limity nás ničí, úpí automobilky pod tlakem elektromobility, *idnes.cz*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/automobilky-emise-elektromobilita-dieselgate-normy.A190320_464788_eko-doprava_fih

- [29] Rakouské ekologické plakety pro motorová vozidla. *uamk.cz*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/garaz/1332-ekologicke-plakety-v-rakousku>
- [30] Mapa nízkoemisních zón v Praze. *novinky.cz*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/342305-praha-zavede-nizkoemisni-zony-starsi-vozy-se-do-centra-nedostanou.html>
- [31] Ekologická daň za registraci vozidla. *registr-vozidel.cz*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <http://www.registr-vozidel.cz/caste-dotazy/ekologicka-dan>
- [32] Euro 7. *myroline.com*. [online]. [cit. 2019-5-18]. Dostupné z: <https://www.myroline.com/aktuality/detail-euro-7-bude-velmi-nakladnou-zalezitosti-a-hleda-se-zpusob-jak-nahradit-soucasne-motory-140/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
CNG	Compressed Natural Gas
EHK	Evropská hospodářská komise
EOBD	Euro On Board Diagnose
EPA	Environmental Protection Agency
ETBE	ethyltercbuthylether
FAME	Fate-acid-Methyl-Esther
HC	nespálené uhlovodíky
HNO ₂	kyselina dusitá
HNO ₃	kyselina dusičná
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
LEV	Low Emission Vehicle
LEZ	Low Emission Zone
LNG	Liquified Natural Gas
LPG	Liquified Petroleum Gas
MEB	Modularen Elektrifizierungsbaustein
MTBE	methyltercbuthylether
NEDC	New European Driving Cycle
NO ₂	oxid dusičitý
NO _x	oxidy dusíku
OBD	On Board Diagnose
PEMS	Portable Emission Measurement System
PM	pevné částice
RME	Raps-Meythyl-Esther
SCR	Selective Catalytic Reduction
SME	Sunflower-Methyl-Esther
SO ₂	oxid siřičitý
SOME	Soya-Methyl-Esther
STK	Stanice technické kontroly
TAME	tercamaylmethylether
VUOME	Vaste used oil-Methyl-Esther
WHO	World Health Organization
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test
ZEV	Zero Emission Vehicle